

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas tentang analisa kualitas jaringan internet dalam kebutuhan layanan data pada jaringan 3G UMTS berdasarkan data hasil pengukuran dari penelitian yang telah dilakukan dengan metode pengukuran parameter Quality of Service (QoS) pada Node B bersama, dimana sampel data yang diperoleh dari hasil pengukuran masih memerlukan proses lebih lanjut.

Adapun parameter QoS (*Quality Of Service*) yang diukur meliputi *packet loss*, *delay* dan *throughput*.

Dalam Tugas Akhir ini pengukuran dilakukan pada dua Area sektor Area sektor tertentu diwilayah urban Mataram yaitu :

1. Area sektor pagesangan 2 masyarakat Jempong
2. Area sektor pagesangan 3 BTN Bumi Kodya Asri

Pengukuran dilakukan pada dua keadaan yaitu :

1. Pada jam normal yaitu jam 07:00 s/d 17:00 Wita
2. Pada jam sibuk yaitu jam 18:00 s/d 22:00 Wita.

#### **1.1 Hasil Pengukuran Parameter QoS ( *Quality Of Service* )**

Dari hasil pengukuran parameter QoS dilakukan pengolahan nilai parameter *delay*, *Throughput*, dan *packet loss* yang berdasarkan kondisi jam sibuk dan normal pada Area sektor pengukuran yaitu sebagai berikut :

##### **1.1.1 Hasil Pengukuran Parameter QoS Area Sektor Pagesangan 2 (Pemukiman Masyarakat Jempong )**

Area sektor Pagesangan 2 merupakan salah satu area sektor pengukuran pada penelitian ini. Pengukuran dilakukan berdasarkan aktifitas user Pagesangan 2 selama seminggu dengan melakukan proses *download* (dari *Node B* ke UE). Dalam pengukuran ini dibagi waktu pengukuran pada dua keadaan setiap harinya yaitu pada jam normal dan jam sibuk, dimana pengukuran dilakukan dengan *download* data selama tiga menit melalui FTP (*File Transfer Protocol*).

### 1.1.1.1 Parameter QoS untuk Waktu Sibuk

Pengukuran pada area sektor Pagesangan 2 dilakukan dengan *download* data pada jam sibuk dari *node* B bersama ke UE selama seminggu. Untuk perhitungan nilai parameter QoS pada waktu sibuk yaitu nilai *end-to-end delay*, *throughput*, dan *packet loss* sebagai berikut :

#### 1. Perhitungan Parameter *End-to-End Delay*

Dimana *delay end-end* merupakan hasil dari penjumlahan beberapa *delay* yang berbeda dari sumber ke tujuan dihitung dengan rumus 2.1 sebagai berikut :

$$t_{net} = t_{ED} + t_W + t_T + t_P$$

##### a. *Delay Enkapsulasi Dekapsulasi*

Parameter *delay enkapsulasi* dekapulasi dapat dihitung dengan rumus 2.5 sebagai berikut :

$$t_{ED} = t_{enc} + t_{dec}$$

$$t_{ED} = \left( \frac{W_{frame\ total}}{c} \times 8 \right) + \left( \frac{W_{frame\ total}}{c} \times 8 \right)$$

$$t_{ED} = \left( \frac{W_{frame\ total}}{c} \times 8 \right) + \left( \frac{W_{frame\ total}}{c} \times 8 \right)$$

Dengan paket yang diterima dari hasil pengukuran untuk operator TSEL 979,12 dengan perhitungan kecepatan kanal transmisi (*bit rate*) untuk operator TSEL dengan persamaan rumus 2.4 menghasilkan nilai 436014,54. Maka perhitungan  $t_{ED}$  dapat dilihat sebagai berikut :

$$t_{ED} = \left( \frac{979,12}{436014,54} \times 8 \right) + \left( \frac{979,12}{436014,54} \times 8 \right)$$

$$t_{ED} = 0,29 \text{ ms}$$

##### b. *Delay Transmisi*

*Delay* transmisi yang dibutuhkan untuk meletakkan sebuah paket *multimedia* ke media transmisi dapat dihitung dengan persamaan 2.6 sebagai berikut :

$$t_T = \frac{W}{c} \times 8$$

Dengan paket yang dikirim dari hasil pengukuran untuk operator TSEL 14 MB dengan perhitungan kecepatan kanal transmisi (*bit rate*) untuk operator TSEL dengan persamaan rumus 2.4 menghasilkan nilai 436014,54. Maka  $t_T$  :

$$t_T = \frac{(14 \times 1204 \times 1024 / 8)}{436014,54} \times 8$$

$$t_T = 33,67 \text{ ms}$$

### c. Delay Propagasi

Waktu yang dibutuhkan untuk merambatkan paket multimedia melalui media transmisi dari *server* ke *client* dapat dihitung dengan persamaan 2.7 :

$$t_p = \frac{d_{\max}}{v}$$

Dimana pada pengukuran pertama berada pada titik satu maka untuk nilai  $d_{\max}$  berada pada jarak 100 meter, dengan nilai kecepatan sinyal sama dengan nilai kecepatan cahaya yaitu  $3 \times 10^8$  sehingga perhitungan *delay* propagasi sebagai berikut :

$$t_p = \frac{100}{3 \times 10^8}$$
$$t_p = 3,3 \times 10^{-7} \text{ ms}$$

### d. Delay Antrian

*Delay* antrian dapat dihitung dengan persamaan 2.10 sebagai berikut :

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

Dimana untuk menghitung nilai  $\mu$  digunakan persamaan 2.8 yaitu  $\mu = \frac{c}{w}$  dengan perhitungan kapasitas kanal (Andriani, 2014)  $c = B \log_2(1 + \text{SNR})$  sedangkan untuk menghitung nilai  $\lambda_w$  digunakan persamaan 2.9 yaitu  $\lambda_w = \mu \rho$  dengan nilai  $\rho$  didapatkan hasil dari persamaan 2.11 yaitu  $\rho = (\text{Throughput}/\text{bandwidth}) \times 100 \%$  Maka dengan nilai kapasitas kanal 1445324,13 bps, nilai *throughput* 57,18 kbps, nilai *bandwidth* 7,2 Mbps dan nilai aket dikirim 14 MB sehingga perhitungannya sebagai berikut :

- Perhitungan waktu pelayanan paket sebagai berikut :

$$\mu = \frac{1445324,13}{(14 \times 1024)}$$

$$\mu = 100,82 \text{ paket/s}$$

- Perhitungan kecepatan kedatangan paket dengan faktor utilisasi sebagai berikut :

$$\rho = \frac{\left(\frac{57,18}{8}\right)}{7200} \times 100 \%$$

$$\rho = 0,10$$

Maka, untuk nilai kecepatan kedatangan paket sebagai berikut :

$$\lambda_w = 100,82 \times 0,10$$

$$\lambda_w = 10,01 \text{ paket/s}$$

Maka untuk perhitungan nilai *delay* antrian dengan hasil perhitungan tersebut sebagai berikut :

$$t_w = \frac{10,01}{100,82 (100,82 - 10,01)} + \frac{1}{100,82}$$

$$t_w = 1,1 \times 10^{-2} \text{ ms}$$

Dari hasil perhitungan *delay-delay* dari perjalanan paket, maka nilai *delay end-to-end* total adalah sebagai berikut :

$$t_{net} = t_{ED} + t_w + t_T + t_P$$

$$t_{net} = 0,279 + 1,1 \times 10^{-2} + 30,61 + 3,3 \times 10^{-7}$$

$$t_{net} = 33,97 \text{ ms}$$

Untuk *delay end-to-end* operator Telkomsel dan Indosat dari hasil perhitungan data selanjutnya dapat dilihat pada lampiran 1 Tabel 4.1 dimana untuk data selanjutnya dihitung dengan cara yang sama dari titik pengukuran terdekat hingga titik pengukuran terjauh selama seminggu yaitu tujuh hari untuk kedua operator antara operator TSEL dan operator IND.

Merujuk pada lampiran 1 dapat dilihat nilai rata-rata *End-to-End Delay* untuk operator TSEL dan IND pada tiap keadaan Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Nilai Parameter *End-to-End Delay* Pagesangan 2 Waktu Sibuk

Jarak (meter)	$t_p$ (ms)		$t_T$ (ms)		$t_{ED}$ (ms)		$t_w$ (ms)		$t_{End-to-end}$	
	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND
100	$3,33 \cdot 10^{-7}$	$3,33 \cdot 10^{-7}$	33,67	32,95	0,29	1,60	0,011	0,022	33,97	34,57
200	$6,67 \cdot 10^{-7}$	$6,67 \cdot 10^{-7}$	33,66	32,88	0,29	1,54	0,011	0,021	33,96	34,44
300	$1,00 \cdot 10^{-6}$	$1,00 \cdot 10^{-6}$	33,67	32,87	0,29	1,54	0,011	0,023	33,97	34,43
400	$1,33 \cdot 10^{-6}$	$1,33 \cdot 10^{-6}$	33,62	32,82	0,28	1,50	0,011	0,022	33,91	34,35
500	$1,62 \cdot 10^{-6}$	$1,62 \cdot 10^{-6}$	33,69	32,89	0,29	1,55	0,011	0,022	33,99	34,46

Tabel 4.1 merupakan data hasil perhitungan *delay end-to end* dengan menggunakan persamaan 2.1 dari data pengukuran pada area sektor Pagesangan 2 di waktu sibuk selama tujuh hari pengukuran yang dirata-ratakan dengan jarak pengukuran 100 meter sampai 500 meter antara *node B* dan UE.

## 2. Perhitungan Parameter *Throughput*

Perhitungan nilai parameter *throughput* dapat digunakan persamaan 2.13 sebagai berikut :

$$\gamma (\%) = \frac{\gamma}{(C_{UE})} \times 100\%$$

Perhitungan parameter *throughput* dengan dengan nilai *throughput* terukur 57,18 kbps, kecepatan yang ditawarkan operator 7,2 mbps dan SF (*Spreading Factor*) terukur yaitu 32, maka perhitungan sebagai berikut :

$$\gamma (\%) = \frac{57,18}{\left(\frac{7200}{32}\right)} \times 100\%$$

$$\gamma (\%) = 25,42\%$$

Untuk nilai *throughput* dan hasil perhitungan data selanjutnya dapat dilihat Tabel 4.2 dimana untuk data selanjutnya dihitung dengan cara yang sama.

Merujuk pada lampiran 5 dapat dilihat nilai rata-rata *Throughput* untuk operator TSEL dan IND pada tiap keadaan Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Nilai Parameter *Throughput* Area Sektor Pagesangan 2 Waktu Sibuk

Jarak (meter)	Spreading Factor		$\gamma$		$\gamma$ (%)	
	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND
100	32	8	57,18	326,75	25,42	36,31
200	32	8	56,47	311,21	25,10	34,58
300	32	8	60,42	330,24	26,86	36,69
400	32	8	58,79	320,25	26,13	35,58
500	32	8	57,07	322,85	25,37	35,87

Tabel 4.2 merupakan data hasil perhitungan presentase *throughput* dengan nilai *spreading factor* dan nilai *throughput* terukur pada area sektor Pagesangan 2 di waktu sibuk selama tujuh hari pengukuran yang dirata-ratakan dengan jarak pengukuran 100 meter sampai 500 meter antara *node B* dan UE. Pada tabel 4.2 merupakan hasil perhitungan menggunakan persamaan 2.13 untuk mendapatkan hasil presentase *throughput*.

### 3. Perhitungan Parameter *Packet Loss*

Perhitungan nilai *packet loss* dapat digunakan dengan persamaan 2.14 sebagai berikut :

$$\rho_{tot} = 1 - ((1 - \rho_{net})(1 - \rho_{TCP/IP}))$$

Maka untuk menghitung nilai  $\rho_{net}$  digunakan persamaan 2.16 yaitu  $\rho_{net} = \rho_{size} \times \rho_b$  dengan nilai  $\rho_b = BER (10^{-8})$  dan untuk menghitung nilai  $\rho_{TCP/IP}$  digunakan persamaan 2.17 yaitu  $\rho_{TCP/IP} = \rho_{slot} \times \rho_{b-UMTS}$  dengan nilai  $\rho_{b-UMTS}$  digunakan pada persamaan 2.18 yakni  $\rho_{b-UMTS} =$

$\frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{2 \frac{E_b}{N_o}} \right)$ . Dengan nilai  $\rho_{\text{size}}$  sama dengan paket terima yaitu 979,12

sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

- Perhitungan nilai probabilitas *packet loss* jaringan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\rho_{net} &= \rho_{\text{size}} \times \rho_b \\ \rho_{net} &= (979,12) \times 10^{-8} \\ \rho_{net} &= 9,8 \times 10^{-6}\end{aligned}$$

- Perhitungan nilai probabilitas *packet loss* TCP/IP dengan nilai BER  $\rho_{b\text{-UMTS}}$  sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{BER } \rho_{b\text{-UMTS}} &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{2 \frac{E_b}{N_o}} \right) \\ \text{BER } \rho_{b\text{-UMTS}} &= 2,33 \times 10^{-5}\end{aligned}$$

Maka untuk perhitungan nilai *packet loss* TCP/IP dapat diselesaikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\rho_{TCP/IP} &= \rho_{\text{slot}} \times \rho_{b\text{-UMTS}} \\ \rho_{TCP/IP} &= (14 \times 1024/8) \times 2,33 \times 10^{-5} \\ \rho_{TCP/IP} &= 0,03869\end{aligned}$$

Maka untuk perhitungan jumlah probabilitas *packet loss* total sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\rho_{tot} &= 1 - ((1 - \rho_{net})(1 - \rho_{TCP/IP})) \\ \rho_{tot} &= 1 - ((1 - 9,5 \times 10^{-6})(1 - 23,84)) \\ \rho_{tot} &= 3,87 \times 10^{-2}\end{aligned}$$

Untuk perhitungan nilai presentase *packet loss* digunakan dengan persamaan 2.15 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\rho_{tot} (\%) &= \rho_{tot} \times 100 (\%) \\ &= 3,87 \times 10^{-2} \times 100 (\%) \\ &= 3,87 \%\end{aligned}$$

Untuk nilai presentase *packet loss* dan hasil perhitungan data selanjutnya dapat dilihat Tabel 4.3 dimana untuk data selanjutnya dihitung dengan cara yang sama. Merujuk pada lampiran 3 dapat dilihat nilai rata-rata presentasi *packet loss* untuk operator TSEL dan IND pada tiap keadaan Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Nilai Parameter *Packet Loss* Area Sektor PAGESANGAN 2 Waktu Sibuk

Jarak (m)	Probabilitas <i>Packet loss Net</i>		Probabilitas <i>Packet loss Server</i>		Probabilitas Jumlah <i>Packet loss</i>		<i>Packet loss (%)</i>	
	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND
	100	0,0000098	0,0000557	0,03869	0,01642	0,0387	0,0165	3,869
200	0,0000098	0,0000539	0,03870	0,01641	0,0387	0,0165	3,870	1,641
300	0,0000098	0,0000537	0,03869	0,01641	0,0387	0,0165	3,869	1,641
400	0,0000096	0,0000525	0,03880	0,01640	0,0388	0,0165	3,880	1,640
500	0,0000099	0,0000541	0,03866	0,01641	0,0387	0,0165	3,866	1,641

Tabel 4.3 merupakan data hasil perhitungan presentase *packet loss* dengan nilai *packet loss* TCP/IP dan *packet loss* jaringan yang didapat menggunakan persamaan 2.14

#### 1.1.1.2 Parameter QoS untuk waktu Normal

Pengukuran pada area sektor PAGESANGAN 2 dilakukan dengan mengdownload data pada jam normal dari *node* B bersama ke UE selama seminggu. Untuk perhitungan nilai parameter QoS pada waktu sibuk yaitu nilai *end-to-end delay*, *throughput*, dan *packet loss* sebagai berikut :

##### 1. Perhitungan Parameter *End-to-End Delay*

Dimana *delay end-end* merupakan hasil dari penjumlahan beberapa *delay* yang berbeda dalam perjalanan paket dari sumber ke tujuan dengan rumus 2.1 :

$$t_{net} = t_{ED} + t_W + t_T + t_P$$

##### a. *Delay Enkapsulasi Dekapsulasi*

Parameter *delay enkapsulasi dekapsulasi* dapat dihitung dengan rumus 2.5 sebagai berikut :

$$t_{ED} = t_{enc} + t_{dec}$$

$$t_{ED} = \left( \frac{W_{frame\ total}}{c} \times 8 \right) + \left( \frac{W_{frame\ total}}{c} \times 8 \right)$$

$$t_{ED} = \left( \frac{W_{frame\ total}}{c} \times 8 \right) + \left( \frac{W_{frame\ total}}{c} \times 8 \right)$$

Dengan paket yang diterima dari hasil pengukuran untuk operator TSEL 953,29 dengan perhitungan kecepatan kanal transmisi (*bit rate*) untuk operator TSEL dengan persamaan rumus 2.4 menghasilkan nilai 436759,81. Maka perhitungan  $t_{ED}$  dapat dilihat sebagai berikut :

$$t_{ED} = \left( \frac{953,29}{436759,81} \times 8 \right) + \left( \frac{953,29}{436759,81} \times 8 \right)$$

$$t_{ED} = 0,28 \text{ ms}$$

b. *Delay Transmisi*

*Delay* transmisi yang dibutuhkan untuk meletakkan sebuah paket *multimedia* ke media transmisi dapat dihitung dengan persamaan 2.6 sebagai berikut :

$$t_T = \frac{W}{c} \times 8$$

Dengan paket yang dikirim dari hasil pengukuran untuk operator TSEL 14 MB dengan perhitungan kecepatan kanal transmisi (*bit rate*) untuk operator TSEL dengan persamaan rumus 2.4 menghasilkan nilai 436759,81. Maka perhitungan  $t_T$  dapat dilihat sebagai berikut :

$$t_T = \frac{(14 \times 1204 \times 1024 / 8)}{436759,81} \times 8$$

$$t_T = 32,61 \text{ ms}$$

c. *Delay Propagasi*

Waktu yang dibutuhkan untuk merambatkan paket *multimedia* melalui media transmisi dari *server* ke *client* dapat dihitung dengan persamaan 2.7 :

$$t_P = \frac{d_{\max}}{v}$$

Dimana pada pengukuran pertama berada pada titik satu maka untuk nilai  $d_{\max}$  berada pada jarak 100 meter, dengan nilai kecepatan sinyal sama dengan nilai kecepatan cahaya yaitu  $3 \times 10^8$  sehingga perhitungan *delay* propagasi sebagai berikut :

$$t_P = \frac{100}{3 \times 10^8}$$

$$t_P = 3,3 \times 10^{-7} \text{ ms}$$

d. *Delay Antrian*

*Delay* antrian dapat dihitung dengan persamaan 2.10 sebagai berikut :

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

Dimana untuk menghitung nilai  $\mu$  digunakan persamaan 2.8 yaitu  $\mu = \frac{c}{w}$  dengan perhitungan kapasitas kanal (Andriani, 2014)  $c = B \text{Log}_2(1 + \text{SNR})$  sedangkan untuk menghitung nilai  $\lambda_w$  digunakan persamaan 2.9 yaitu  $\lambda_w = \mu\rho$  dengan nilai  $\rho$  didapatkan hasil dari persamaan 2.11 yaitu  $\rho = (\text{Throughput}/\text{bandwidth}) \times 100 \%$ . Maka dengan nilai kapasitas kanal 1445324,13 bps, nilai *throughput* 59,92 kbps, nilai *bandwidth* 7,2 Mbps dan nilai paket dikirim 14 MB sehingga perhitungannya sebagai berikut :



- Perhitungan waktu pelayanan paket sebagai berikut :

$$\mu = \frac{1445324,13}{(14 \cdot 1024)}$$

$$\mu = 100,82 \text{ paket/s}$$

- Perhitungan kecepatan kedatangan paket dengan faktor utililasi sebagai berikut :

$$\rho = \frac{\left(\frac{59,92}{8}\right)}{7200} \times 100 \%$$

$$\rho = 0,10$$

Maka, untuk nilai kecepatan kedatangan paket sebagai berikut :

$$\lambda_w = 100,82 \times 0,10$$

$$\lambda_w = 10,49 \text{ paket/s}$$

Maka untuk perhitungan nilai *delay* antrian sebagai berikut :

$$t_w = \frac{10,49}{100,82(100,82 - 10,49)} + \frac{1}{100,82}$$

$$t_w = 1,1 \times 10^{-2} \text{ ms}$$

Dari hasil perhitungan *delay-delay* dari perjalanan paket, maka nilai *delay end-to-end* total adalah sebagai berikut :

$$t_{net} = t_{ED} + t_w + t_T + t_P$$

$$t_{net} = 0,28 + 1,1 \times 10^{-2} + 32,61 + 3,3 \times 10^{-7}$$

$$t_{net} = 33,90 \text{ ms}$$

Untuk *delay end-to-end* dari hasil perhitungan data selanjutnya dapat dilihat pada lampiran 2 Tabel 4.4 dimana untuk data selanjutnya dihitung dengan cara yang sama dari titik pengukuran terdekat hingga titik pengukuran terjauh selama seminggu yaitu tujuh hari untuk kedua operator antara operator TSEL dan operator IND.

Tabel 4. 4 Nilai Parameter *Delay End-to-End* Waktu Normal

Jarak (meter)	$t_p$ (ms)		$t_T$ (ms)		$t_{ED}$ (ms)		$t_w$ (ms)		$t_{net}$	
	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND
100	$3,33 \cdot 10^{-7}$	$3,33 \cdot 10^{-7}$	33,61	32,82	0,279	1,507	0,0081	0,0165	33,90	34,35
200	$6,67 \cdot 10^{-7}$	$6,67 \cdot 10^{-7}$	33,60	32,81	0,278	1,493	0,0077	0,0156	33,89	34,32
300	$1,00 \cdot 10^{-6}$	$1,00 \cdot 10^{-6}$	33,56	32,79	0,272	1,482	0,0077	0,0163	33,84	34,29
400	$1,33 \cdot 10^{-6}$	$1,33 \cdot 10^{-6}$	33,57	32,87	0,273	1,540	0,0077	0,0151	33,85	34,42
500	$1,62 \cdot 10^{-6}$	$1,62 \cdot 10^{-6}$	33,65	32,80	0,285	1,487	0,0077	0,0157	33,95	34,30

Tabel 4.4 merupakan data hasil perhitungan *delay end-to end* dengan menggunakan persamaan 2.1 dari data pengukuran pada area sektor

Pagesangan 2 di waktu normal selama tujuh hari pengukuran yang dirata-ratakan dengan jarak pengukuran 100 meter sampai 500 meter antara *node B* dan UE.

2. Perhitungan Parameter *Throughput*

Perhitungan nilai parameter *throughput* dapat digunakan persamaan 2.13 sebagai berikut :

$$\gamma (\%) = \frac{\gamma}{(C_{UE})} \times 100\%$$

Perhitungan parameter *throughput* dengan dengan nilai *throughput* terukur 59,92 kbps, kecepatan yang ditawarkan operator 7,2 mbps dan SF (*Spreading Factor*) 32, maka perhitungan sebagai berikut :

$$\gamma (\%) = \frac{59,92}{\left(\frac{7200}{32}\right)} \times 100\%$$

$$\gamma (\%) = 26,63\%$$

Untuk nilai *throughput* dan hasil perhitungan data selanjutnya dapat dilihat Tabel 4.5 dimana untuk data selanjutnya dihitung dengan cara yang sama.

Merujuk pada lampiran 6 dapat dilihat nilai rata-rata *throughput* untuk operator TSEL dan IND pada tiap keadaan Tabel 4.5

Tabel 4. 5 Nilai Parameter *Throughput* Area Sektor Pagesangan 2 Waktu Normal

Jarak (meter)	Spreading Factor		$\gamma$		$\gamma$ (%)	
	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND
100	32	8	59,92	329,79	26,63	36,64
200	32	8	58,74	327,65	26,11	36,41
300	32	8	58,99	338,42	26,22	37,60
400	32	8	57,73	319,43	25,66	35,49
500	32	8	55,14	330,09	24,51	36,68

Tabel 4.5 merupakan data hasil perhitungan presentase *throughput* dengan nilai *spreading factor* dan nilai *throughput* terukur pada area sektor Pagesangan 2 di waktu normal selama tujuh hari pengukuran yang dirata-ratakan dengan jarak pengukuran 100 meter sampai 500 meter antara *node B* dan UE menggunakan persamaan 2.13 untuk mendapatkan hasil presentase *throughput*.

### 3. Perhitungan Parameter *Packet Loss*

Perhitungan nilai *packet loss* dapat digunakan dengan persamaan 2.14 sebagai berikut :

$$\rho_{tot} = 1 - ((1 - \rho_{net})(1 - \rho_{TCP/IP}))$$

Maka untuk menghitung nilai  $\rho_{net}$  digunakan persamaan 2.16 yaitu  $\rho_{net} = \rho_{size} \times \rho_b$  dengan nilai  $\rho_b = \text{BER} (10^{-8})$  dan untuk menghitung nilai  $\rho_{TCP/IP}$  digunakan persamaan 2.17 yaitu  $\rho_{TCP/IP} = \rho_{slot} \times \rho_{b-UMTS}$  dengan nilai  $\rho_{b-UMTS}$  digunakan pada persamaan 2.18 yakni  $\rho_{b-UMTS} = \frac{1}{2} \text{erfc} \left( \sqrt{2 \frac{E_b}{N_o}} \right)$ . Dengan nilai  $\rho_{size}$  sama dengan paket terima yaitu 987 sehingga dapat dihitung dengan persamaan 2.16 dan persamaan 2.17 :

- Perhitungan nilai probabilitas *packet loss* jaringan sebagai berikut :

$$\rho_{net} = \rho_{size} \times \rho_b$$

$$\rho_{net} = (953,29) \times 10^{-8}$$

$$\rho_{net} = 9,5 \times 10^{-6}$$

- Perhitungan nilai probabilitas *packet loss* TCP/IP dengan nilai BER  $\rho_{b-UMTS}$  sebagai berikut :

$$\rho_{b-UMTS} = \frac{1}{2} \text{erfc} \left( \sqrt{2 \frac{E_b}{N_o}} \right)$$

$$\rho_{b-UMTS} = 2,33 \times 10^{-5}$$

Maka untuk perhitungan nilai probabilitas *packet loss* TCP/IP dapat diselesaikan sebagai berikut :

$$\rho_{TCP/IP} = \rho_{slot} \times \rho_{b-UMTS}$$

$$\rho_{TCP/IP} = (14 \times 1024/8) \times 2,33 \times 10^{-5}$$

$$\rho_{TCP/IP} = 0,0388$$

Maka untuk perhitungan probabilitas *packet loss* total sebagai berikut :

$$\rho_{tot} = 1 - ((1 - \rho_{net})(1 - \rho_{TCP/IP}))$$

$$\rho_{tot} = 1 - ((1 - 2,33 \times 10^{-5})(1 - 0,0388))$$

$$\rho_{tot} = 0,0388$$

Untuk perhitungan nilai presentase *packet loss* digunakan dengan persamaan 2.15 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\rho_{tot} (\%) &= \rho_{tot} \times 100 (\%) \\ &= 0,0388 \times 100 (\%) \\ &= 3,88 \%\end{aligned}$$

Untuk nilai presentase probabilitas *packet loss* dan hasil perhitungan data selanjutnya dapat dilihat Tabel 4.6 dimana untuk data selanjutnya dihitung dengan cara yang sama.

Merujuk pada lampiran 4 dapat dilihat nilai rata-rata presentasi *packet loss* untuk operator TSEL dan IND pada tiap keadaan Tabel 4.6

Tabel 4. 6 Nilai Parameter *Packet Loss* Pagesangan 2 Waktu Normal

Jarak (m)	Probabilitas <i>Packet loss Net</i>		Probabilitas <i>Packet loss Server</i>		Probabilitas Jumlah <i>Packet loss</i>		<i>Packet loss (%)</i>	
	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND
100	0,0000095	0,0000541	0,0388	0,0164	0,0388	0,0165	3,8808	1,6412
200	0,0000095	0,0000522	0,0388	0,0164	0,0388	0,0165	3,8826	1,6402
300	0,0000093	0,0000518	0,0389	0,0164	0,0389	0,0165	3,8921	1,6402
400	0,0000093	0,0000537	0,0389	0,0164	0,0389	0,0165	3,8895	1,6412
500	0,0000097	0,0000520	0,0387	0,0164	0,0387	0,0165	3,8720	1,6402

Tabel 4.6 merupakan data hasil perhitungan presentase *packet loss* dengan nilai *packet loss* TCP/IP dan *packet loss* jaringan yang didapat menggunakan persamaan 2.14 dari data pengukuran pada area sektor Pagesangan 2 di waktu normal selama tujuh hari pengukuran yang dirata-ratakan dengan jarak pengukuran 100 meter sampai 500 meter antara *node B* dan UE.

### 1.1.2 Hasil Pengukuran Parameter QoS Area sektor Pagesangan 3 (BTN Bumi Kodya Asri)

Area sektor Pagesangan 3 merupakan area sektor pengukuran kedua pada penelitian dengan berdasarkan aktifitas user Pagesangan 3 BTN Bumi Kodya Asri selama seminggu dengan melakukan proses *download* (dari *Node B* ke UE). Dalam pengukuran ini dibagi waktu pengukuran selama seminggu yaitu pada jam normal dan jam sibuk, dimana pengukuran dilakukan dengan mendownload data selama tiga menit melalui FTP (*File Transfer Protocol*).

#### 1.1.2.1 Parameter QoS untuk waktu Sibuk

Pengukuran dilakukan dengan mengdownload data pada jam sibuk dari *node B* bersama ke UE selama seminggu. Untuk perhitungan nilai parameter

QoS pada waktu sibuk yaitu pada area sektor dengan nilai *end-to-end delay*, *throughput*, dan *packet loss* sebagai berikut :

1. Perhitungan Parameter *End-to-End Delay*

Dimana *delay end-to-end* merupakan hasil dari penjumlahan beberapa *delay* yang berbeda dalam perjalananan paket dari sumber ke tujuan dengan rumus 2.1 :

$$t_{net} = t_{ED} + t_W + t_T + t_P$$

a. *Delay Enkapsulasi Dekapsulasi*

Parameter *delay enkapsulasi dekapulasi* dapat dihitung dengan rumus 2.5 sebagai berikut :

$$t_{ED} = t_{enc} + t_{dec}$$

$$t_{ED} = \left( \frac{W_{frame\ total}}{c} \times 8 \right) + \left( \frac{W_{frame\ total}}{c} \times 8 \right)$$

Dengan paket yang diterima dari hasil pengukuran untuk operator TSEL 1093,40 dengan perhitungan kecepatan kanal transmisi ( *bit rate*) untuk operator TSEL dengan persamaan rumus 2.4 menghasilkan nilai 433025,39. Maka perhitungan  $t_{ED}$  dapat dilihat sebagai berikut :

$$t_{ED} = \left( \frac{1093,40}{433025,39} \times 8 \right) + \left( \frac{1093,40}{433025,39} \times 8 \right)$$

$$t_{ED} = 0,32 \text{ ms}$$

b. *Delay Transmisi*

*Delay* transmisi yang dibutuhkan untuk meletakkan sebuah paket *multimedia* ke media transmisi dapat dihitung dengan persamaan 2.6 sebagai berikut :

$$t_T = \frac{W}{c} \times 8$$

Dengan paket yang dikirim dari hasil pengukuran untuk operator TSEL 14 MB dengan perhitungan kecepatan kanal transmisi ( *bit rate*) untuk operator TSEL dengan persamaan rumus 2.4 menghasilkan nilai 433025,39. Maka perhitungan  $t_T$  dapat dilihat sebagai berikut :

$$t_T = \left( \frac{14 \times 1204 \times 1024 / 8}{433025,39} \right) \times 8$$

$$t_T = 33,90 \text{ ms}$$

c. *Delay Propagasi*

Waktu yang dibutuhkan untuk merambatkan paket multimedia melalui media transmisi dari *server* ke *client* dapat dihitung dengan persamaan 2.7 :

$$t_p = \frac{d_{\max}}{v}$$

Dimana pada pengukuran pertama berada pada titik satu maka untuk nilai  $d_{\max}$  berada pada jarak 100 meter, dengan nilai kecepatan sinyal sama dengan nilai kecepatan cahaya yaitu  $3 \times 10^8$  sehingga perhitungan *delay* propagasi sebagai berikut :

$$t_p = \frac{100}{3 \times 10^8}$$

$$t_p = 3,3 \times 10^{-7} \text{ ms}$$

d. *Delay* Antrian

*Delay* antrian dapat dihitung dengan persamaan 2.10 sebagai berikut :

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

Dimana untuk menghitung nilai  $\mu$  digunakan persamaan 2.8 yaitu  $\mu = \frac{c}{w}$  dengan perhitungan kapasitas kanal (Andriani, 2014)  $c = B \log_2(1 + \text{SNR})$  sedangkan untuk menghitung nilai  $\lambda_w$  digunakan persamaan 2.9 yaitu  $\lambda_w = \mu\rho$  dengan nilai  $\rho$  didapatkan hasil dari persamaan 2.11 yaitu  $\rho = (\text{Throughput}/\text{bandwidth}) \times 100 \%$ . Maka dengan nilai kapsitas kanal 1445324,13 bps, nilai thougput 60,06 kbps, nilai *bandwidth* 7,2 Mbps dan nilai paket dikirim 14 MB sehingga perhitungannya sebagai berikut :

- Perhitungan waktu pelayanan paket sebagai berikut :

$$\mu = \frac{1445324,13}{(14 \times 1024)}$$

$$\mu = 100,82 \text{ paket/s}$$

- Perhitungan kecepatan kedatangan paket dengan faktor utililasi sebagai berikut :

$$\rho = \frac{\left(\frac{60,06}{8}\right)}{7200} \times 100 \%$$

$$\rho = 0,10 \%$$

Maka, untuk nilai kecepatan kedatangan paket sebagai berikut :

$$\lambda_w = 100,82 \times 0,83$$

$$\lambda_w = 10,51 \text{ paket/s}$$

Maka untuk perhitungan nilai *delay* antrian dengan hasil perhitungan tersebut sebagai berikut :

$$t_w = \frac{10,51}{100,82 (100,82 - 10,51)} + \frac{1}{100,82}$$

$$t_w = 1,1 \times 10^{-2} \text{ ms}$$

Dari hasil perhitungan *delay-delay* dari perjalanan paket, maka nilai *delay end-to-end total* adalah sebagai berikut :

$$t_{net} = t_{ED} + t_W + t_T + t_P$$

$$t_{net} = 0,32 + 1,1 \times 10^{-2} + 33,90 + 3,3 \times 10^{-3}$$

$$t_{net} = 34,24 \text{ ms}$$

Untuk *Delay end-to-end* dari hasil perhitungan data selanjutnya dapat dilihat pada lampiran 1 Tabel 4.7 dimana untuk data selanjutnya dihitung dengan cara yang sama dari titik pengukuran terdekat hingga titik pengukuran terjauh selama seminggu yaitu tujuh hari untuk kedua operator antara operator TSEL dan operator IND

Tabel 4. 7 Nilai Parameter *Delay Area* sektor Pagesangan 3 Waktu Sibuk

Jarak (meter)	$t_p$ (ms)		$t_T$ (ms)		$t_{ED}$ (ms)		$t_W$ (ms)		$t_{net}$	
	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND
100	$3,33 \cdot 10^{-7}$	$3,33 \cdot 10^{-7}$	33,90	32,91	0,32	1,57	0,0111	0,0222	34,24	34,50
200	$6,67 \cdot 10^{-7}$	$6,67 \cdot 10^{-7}$	33,78	32,98	0,30	1,62	0,0111	0,0251	34,09	34,62
300	$1,00 \cdot 10^{-6}$	$1,00 \cdot 10^{-6}$	33,76	32,59	0,30	1,36	0,0110	0,0200	34,07	33,97
400	$1,33 \cdot 10^{-6}$	$1,33 \cdot 10^{-6}$	34,02	32,84	0,35	1,52	0,0111	0,0227	34,39	34,39
500	$1,62 \cdot 10^{-6}$	$1,62 \cdot 10^{-6}$	33,89	33,04	0,32	1,68	0,0110	0,0217	34,22	34,74

Tabel 4.7 merupakan data hasil perhitungan *delay end-to-end* dengan menggunakan persamaan 2.1 dari data pengukuran pada Area sektor Pagesangan 3 di waktu sibuk selama tujuh hari pengukuran yang dirata-ratakan dengan jarak pengukuran 100 meter sampai 500 meter antara *node B* dan UE.

## 2. Perhitungan Parameter *Throughput*

Perhitungan nilai parameter *throughput* dapat digunakan persamaan 2.13 sebagai berikut :

$$\gamma (\%) = \frac{\gamma}{(C_{UE})} \times 100\%$$

Perhitungan parameter *throughput* dengan dengan nilai *throughput* terukur 60,06 kbps, kecepatan yang ditawarkan operator 7,2 mbps dan SF (*Spreading Factor*) 32, maka perhitungan sebagai berikut :

$$\gamma (\%) = \frac{60,06}{\left(\frac{7200}{32}\right)} \times 100\%$$

$$\gamma (\%) = 26,69 \%$$

Untuk nilai *throughput* dan hasil perhitungan data selanjutnya dapat dilihat Tabel 4.8 dimana untuk data selanjutnya dihitung dengan cara yang sama.

Merujuk pada lampiran 5 dapat dilihat nilai rata-rata *throughput* untuk operator TSEL dan IND pada tiap keadaan Tabel 4.8

Tabel 4. 8 Nilai Parameter *Throughput* Area Sektor PAGESANGAN 3 Waktu Sibuk

Jarak (meter)	Spreading Factor		$\gamma$		$\gamma$ (%)	
	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND
100	32	8	60,06	324,23	26,6933	36,0260
200	32	8	60,45	355,01	26,8673	39,4454
300	32	8	56,79	261,59	25,2406	29,0652
400	32	8	60,76	328,75	27,0038	36,5281
500	32	8	57,90	320,80	25,7352	35,6448

Tabel 4.8 merupakan data hasil perhitungan presentase *throughput* dengan nilai *spreading factor* dan nilai *throughput* terukur pada area sektor PAGESANGAN 3 di waktu sibuk selama tujuh hari pengukuran yang dirata-ratakan dengan jarak pengukuran 100 meter sampai 500 meter antara *node B* dan UE menggunakan persamaan 2.13 untuk mendapatkan hasil presentase *throughput*.

### 3. Perhitungan Parameter *Packet Loss*

Perhitungan nilai *packet loss* dapat digunakan dengan persamaan 2.14 sebagai berikut :

$$\rho_{tot} = 1 - ((1 - \rho_{net})(1 - \rho_{TCP/IP}))$$

Maka untuk menghitung nilai  $\rho_{net}$  digunakan persamaan 2.16 yaitu  $\rho_{net} = \rho_{size} \times \rho_b$  dengan nilai  $\rho_b = BER (10^{-8})$  dan untuk menghitung nilai  $\rho_{TCP/IP}$  digunakan persamaan 2.17 yaitu  $\rho_{TCP/IP} = \rho_{slot} \times \rho_{b-UMTS}$  dengan nilai  $\rho_{b-UMTS}$  digunakan pada persamaan 2.18 yakni  $\rho_{b-UMTS} = \frac{1}{2} \text{erfc} \left( \sqrt{2 \frac{E_b}{N_o}} \right)$ . Dengan nilai  $\rho_{size}$  sama dengan paket terima yaitu 1093,40 sehingga dapat dihitung dengan persamaan 2.16 dan persamaan 2.17:

- Perhitungan nilai probabilitas *packet loss* jaringan sebagai berikut :

$$\rho_{net} = \rho_{size} \times \rho_b$$



$$\rho_{net} = (1093,40) \times 10^{-8}$$

$$\rho_{net} = 1,09 \times 10^{-2}$$

- Perhitungan nilai probabilitas *packet loss* TCP/IP dengan nilai BER  $\rho_{b-UMTS}$  sebagai berikut :

$$\rho_{b-UMTS} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{2 \frac{E_b}{N_o}} \right)$$

$$\rho_{b-UMTS} = 2,3 \times 10^{-5}$$

Maka untuk perhitungan nilai probabilitas *packet loss* TCP/IP dapat diselesaikan sebagai berikut :

$$\rho_{TCP/IP} = \rho_{Slot} \times \rho_{b-UMTS}$$

$$\rho_{TCP/IP} = \left( 14 \cdot \frac{1024}{8} \right) \times 2,3 \times 10^{-5}$$

$$\rho_{TCP/IP} = 3,8 \times 10^{-2}$$

Maka untuk perhitungan *packet loss* total sebagai berikut :

$$\rho_{tot} = 1 - ((1 - \rho_{net})(1 - \rho_{TCP/IP}))$$

$$\rho_{tot} = 1 - ((1 - 1,09 \times 10^{-4})(1 - 3,8 \times 10^{-2}))$$

$$\rho_{tot} = 3,8 \times 10^{-2}$$

Untuk perhitungan nilai presentase probabilitas *packet loss* total digunakan dengan persamaan 2.15 sebagai berikut :

$$\rho_{tot} (\%) = \rho_{tot} \times 100 (\%)$$

$$= 3,8 \times 10^{-2} \times 100 (\%)$$

$$= 3,8 \%$$

Untuk nilai presentase *packet loss* dan hasil perhitungan data selanjutnya dapat dilihat Tabel 4.9 dimana untuk data selanjutnya dihitung dengan cara yang sama.

Merujuk pada lampiran 3 dapat dilihat nilai rata-rata presentasi *packet loss* untuk operator TSEL dan operator IND pada tiap keadaan dengan jarak pengukuran 100 meter sampai 500 meter antara UE dan node B

Tabel 4. 9 Nilai Parameter *Packet Loss* Area sektor Pagesangan 3 Waktu Sibuk

Jarak (m)	Probabilitas <i>Packet loss</i> Net		Probabilitas <i>Packet loss</i> Server		Probabilitas Jumlah <i>Packet loss</i>		<i>Packet loss</i> (%)	
	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND
100	0,0000109	0,0000548	0,0383	0,0164	0,038	0,016	3,825	1,643
200	0,0000103	0,0000565	0,0385	0,0164	0,038	0,016	3,848	1,643
300	0,0000102	0,0000476	0,0385	0,0164	0,039	0,016	3,852	1,643
400	0,0000119	0,0000531	0,0381	0,0164	0,038	0,016	3,813	1,641
500	0,0000109	0,0000583	0,0383	0,0165	0,038	0,017	3,828	1,646

Tabel 4.9 merupakan data hasil perhitungan presentase *packet loss* dengan nilai *packet loss* TCP/IP dan *packet loss* jaringan yang didapat menggunakan persamaan 2.14 dari data pengukuran pada area sektor Pagesangan 3 di waktu sibuk selama tujuh hari pengukuran yang dirata-ratakan dengan jarak pengukuran 100 meter sampai 500 meter antara *node* B dan UE.

### 1.1.2.2 Parameter QoS untuk Waktu Normal

Pengukuran dilakukan pada Area sektor Pagesangan 3 ini dengan mengdownload data pada jam sibuk dari *node* B bersama ke UE selama seminggu. Untuk perhitungan nilai parameter QoS pada waktu sibuk yaitu nilai *end-to-end delay*, *throughput*, dan *packet loss* sebagai berikut :

#### 1. Perhitungan Parameter *End-to-End Delay*

Dimana *delay end-end* merupakan hasil dari penjumlahan beberapa *delay* yang berbeda dan terjadi dalam perjalanan paket dari sumber ke tujuan dihitung dengan rumus 2.1 sebagai berikut :

$$t_{net} = t_{ED} + t_W + t_T + t_P$$

#### a. *Delay* Enkapsulasi Dekapsulasi

Parameter *delay enkapsulasi dekapsulasi* dapat dihitung dengan rumus 2.5 sebagai berikut :

$$t_{ED} = t_{enc} + t_{dec}$$

$$t_{ED} = \left( \frac{W_{frame\ total}}{c} \times 8 \right) + \left( \frac{W_{frame\ total}}{c} \times 8 \right)$$

Dengan paket yang diterima dari hasil pengukuran untuk operator TSEL 1036,08 dengan perhitungan kecepatan kanal transmisi (*bit rate*) untuk operator TSEL dengan persamaan rumus 2.4 menghasilkan nilai 434502,24. Maka perhitungan  $t_{ED}$  dapat dilihat sebagai berikut :

$$t_{ED} = \left( \frac{1036,08}{434502,24} \times 8 \right) + \left( \frac{1036,08}{434502,24} \times 8 \right)$$

$$t_{ED} = 0,31 \text{ ms}$$

b. *Delay Transmisi*

*Delay* transmisi yang dibutuhkan untuk meletakkan sebuah paket *multimedia* ke media transmisi dapat dihitung dengan persamaan 2.6 sebagai berikut :

$$t_T = \frac{W}{c} \times 8$$

Dengan paket yang dikirim dari hasil pengukuran untuk operator TSEL 14 MB dengan perhitungan kecepatan kanal transmisi (*bit rate*) untuk operator TSEL dengan persamaan rumus 2.4 menghasilkan nilai 434502,24. Maka perhitungan  $t_T$  dapat dilihat sebagai berikut :

$$t_T = \frac{(14 \times 1204 \times 1024 / 8)}{434502,24} \times 8$$

$$t_T = 33,79 \text{ ms}$$

c. *Delay Propagasi*

Waktu yang dibutuhkan untuk merambatkan paket *multimedia* melalui media transmisi dari *server* ke *client* dapat dihitung dengan persamaan 2.7 :

$$t_P = \frac{d_{\max}}{v}$$

Dimana pada pengukuran pertama berada pada titik satu maka untuk nilai  $d_{\max}$  berada pada jarak 100 meter, dengan nilai kecepatan sinyal sama dengan nilai kecepatan cahaya yaitu  $3 \times 10^8$  sehingga perhitungan *delay* propagasi sebagai berikut :

$$t_P = \frac{100}{3 \times 10^8}$$

$$t_P = 3,3 \times 10^{-7} \text{ ms}$$

d. *Delay Antrian*

*Delay* antrian dapat dihitung dengan persamaan 2.10 sebagai berikut :

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

Dimana untuk menghitung nilai  $\mu$  digunakan persamaan 2.8 yaitu  $\mu = \frac{c}{w}$  dengan perhitungan kapasitas kanal (Andriani, 2014)  $c = B \log_2(1 + \text{SNR})$  sedangkan untuk menghitung nilai  $\lambda_w$  digunakan persamaan 2.9 yaitu  $\lambda_w = \mu \rho$  dengan nilai  $\rho$  didapatkan hasil dari persamaan 2.11 yaitu  $\rho = (\text{Throughput/bandwidth}) \times 100 \%$ . Maka dengan nilai kapasitas kanal

1445324,13 bps, nilai *throughput* 60,91 kbps, nilai *bandwidth* 7,2 Mbps dan nilai paket dikirim 14 MB sehingga perhitungannya sebagai berikut :

- Perhitungan waktu pelayanan paket sebagai berikut :

$$\mu = \frac{1445324,13}{(14 \cdot 1024)}$$

$$\mu = 100,82 \text{ paket/s}$$

- Perhitungan kecepatan kedatangan paket dengan faktor utilisasi sebagai berikut :

$$\rho = \frac{\left(\frac{60,91}{8}\right)}{7200} \times 100 \%$$

$$\rho = 0,11$$

Maka, untuk nilai kecepatan kedatangan paket sebagai berikut :

$$\lambda_w = 100,82 \times 0,11$$

$$\lambda_w = 10,66 \text{ paket/s}$$

Maka untuk perhitungan nilai *delay* antrian dengan hasil perhitungan tersebut sebagai berikut :

$$t_w = \frac{10,66}{100,82 (100,82 - 10,66)} + \frac{1}{100,82}$$

$$t_w = 1,1 \times 10^{-2} \text{ ms}$$

Dari hasil perhitungan *delay-delay* dari perjalanan paket, maka nilai *delay end-to-end* total adalah sebagai berikut :

$$t_{net} = t_{ED} + t_w + t_T + t_P$$

$$t_{net} = 0,31 + 1,1 \times 10^{-2} + 33,79 + 3,3 \times 10^{-7}$$

$$t_{net} = 34,10 \text{ ms}$$

Untuk *delay end-to-end* dari hasil perhitungan data selanjutnya dapat dilihat pada lampiran 2 Tabel 4.10 dimana untuk data selanjutnya dihitung dengan cara yang sama dari titik pengukuran terdekat hingga titik pengukuran terjauh selama seminggu yaitu tujuh hari untuk kedua operator antara operator TSEL dan operator IND

Tabel 4. 10 Nilai Parameter *Delay Area Sektor PAGESANGAN 3 Waktu Normal*

Jarak (meter)	$t_p$ (ms)		$t_T$ (ms)		$t_{ED}$ (ms)		$t_w$ (ms)		$t_{net}$	
	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND
100	$3,33 \cdot 10^{-7}$	$3,33 \cdot 10^{-7}$	33,79	32,79	0,31	1,48	0,011	0,027	34,10	34,29
200	$6,67 \cdot 10^{-7}$	$6,67 \cdot 10^{-7}$	33,87	32,96	0,32	1,61	0,011	0,028	34,20	34,59
300	$1,00 \cdot 10^{-6}$	$1,00 \cdot 10^{-6}$	33,73	32,79	0,30	1,48	0,011	0,022	34,04	34,29
400	$1,33 \cdot 10^{-6}$	$1,33 \cdot 10^{-6}$	33,97	32,72	0,34	1,44	0,011	0,026	34,32	34,19
500	$1,62 \cdot 10^{-6}$	$1,62 \cdot 10^{-6}$	34,00	32,95	0,35	1,60	0,011	0,025	34,35	34,57

Tabel 4.10 merupakan data hasil perhitungan *delay end-to end* dengan menggunakan persamaan 2.1 dari data pengukuran pada area sektor PAGESANGAN 3 di waktu normal selama tujuh hari pengukuran yang dirata-ratakan dengan jarak pengukuran 100 meter sampai 500 meter antara *node B* dan UE.

## 2. Perhitungan Parameter *Throughput*

Perhitungan nilai parameter *throughput* dapat digunakan persamaan 2.13 sebagai berikut :

$$\gamma (\%) = \frac{\gamma}{(C_{UE})} \times 100\%$$

Perhitungan parameter *throughput* dengan dengan nilai *throughput* terukur 64,90 kbps, kecepatan yang ditawarkan operator 7,2 mbps dan SF (*Spreading Factor*) 32, maka perhitungan sebagai berikut :

$$\gamma (\%) = \frac{64,90}{\left(\frac{7200}{32}\right)} \times 100\%$$

$$\gamma (\%) = 28,84 \%$$

Untuk nilai *throughput* dan hasil perhitungan data selanjutnya dapat dilihat Tabel 4.11 dimana untuk data selanjutnya dihitung dengan cara yang sama. Merujuk pada lampiran 6 dapat dilihat nilai rata-rata *throughput* untuk operator TSEL dan IND pada tiap keadaan Tabel 4.11

Tabel 4. 11 Nilai Parameter *Throughput Area* Sektor PAGESANGAN 3 Waktu Normal

Jarak (meter)	Spreading Factor		$\gamma$		$\gamma$ (%)	
	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND
100	32	8	60,91	368,15	27,07	40,91
200	32	8	61,20	375,25	27,20	41,69
300	32	8	59,94	320,48	26,64	35,61
400	32	8	61,50	360,27	27,33	40,03
500	32	8	55,97	351,75	24,87	39,08

Tabel 4.11 merupakan data hasil perhitungan presentase *throughput* dengan nilai *spreading factor* dan nilai *throughput* terukur pada area sektor PAGESANGAN 3 di waktu normal selama tujuh hari pengukuran antara *node B* dan UE .

### 3. Perhitungan Parameter *Packet Loss*

Perhitungan nilai *packet loss* dapat digunakan dengan persamaan 2.14 sebagai berikut :

$$\rho_{tot} = 1 - ((1 - \rho_{net})(1 - \rho_{TCP/IP}))$$

Maka untuk menghitung nilai  $\rho_{net}$  digunakan persamaan 2.16 yaitu  $\rho_{net} = \rho_{size} \times \rho_b$  dengan nilai  $\rho_b = BER (10^{-8})$  dan untuk menghitung nilai  $\rho_{TCP/IP}$  digunakan persamaan 2.17 yaitu  $\rho_{TCP/IP} = \rho_{slot} \times \rho_{b-UMTS}$  dengan nilai  $\rho_{b-UMTS}$  digunakan pada persamaan 2.18 yakni  $\rho_{b-UMTS} = \frac{1}{2} \text{erfc} \left( \sqrt{2 \frac{E_b}{N_o}} \right)$ . Dengan nilai  $\rho_{size}$  sama dengan paket terima yaitu 1036,08 sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

- Perhitungan nilai probabilitas *packet loss* jaringan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \rho_{net} &= \rho_{size} \times \rho_b \\ \rho_{net} &= (1036,08) \times 10^{-8} \\ \rho_{net} &= 1,04 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

- Perhitungan nilai probabilitas *packet loss* TCP/IP dengan nilai BER  $\rho_{b-UMTS}$  sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \rho_{b-UMTS} &= \frac{1}{2} \text{erfc} \left( \sqrt{2 \frac{E_b}{N_o}} \right) \\ \rho_{b-UMTS} &= 2,31 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

Maka untuk perhitungan nilai probabilitas *packet loss* TCP/IP dapat diselesaikan sebagai berikut :

$$\rho_{TCP/IP} = \rho_{Slot} \times \rho_{b-UMTS}$$

$$\rho_{TCP/IP} = (14 \times 1024/8) \times 2,31 \times 10^{-5}$$

$$\rho_{TCP/IP} = 0,038$$

Maka untuk perhitungan probabilitas *packet loss* total sebagai berikut :

$$\rho_{tot} = 1 - ((1 - \rho_{net})(1 - \rho_{TCP/IP}))$$

$$\rho_{tot} = 1 - ((1 - 1,09 \times 10^{-5})(1 - 0,038))$$

$$\rho_{tot} = 0,0385$$

Untuk perhitungan nilai presentase *packet loss* digunakan dengan persamaan 2.15 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \rho_{tot} (\%) &= \rho_{tot} \times 100 (\%) \\ &= 0,0385 \times 100 (\%) \\ &= 3,85 \% \end{aligned}$$

Untuk nilai presentase *packet loss* dan hasil perhitungan data selanjutnya dapat dilihat Tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Nilai Parameter *Packet loss* Area sektor PAGESANGAN 3 Waktu Normal

Jarak (m)	Probabilitas <i>Packet loss</i> Net		Probabilitas <i>Packet loss</i> Server		Probabilitas Jumlah <i>Packet loss</i>		<i>Packet loss</i> (%)	
	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND	TSEL	IND
100	0,0000104	0,0000517	0,0385	0,0164	0,0385	0,0165	3,847	1,640
200	0,0000108	0,0000560	0,0383	0,0164	0,0383	0,0165	3,831	1,643
300	0,0000101	0,0000519	0,0386	0,0164	0,0386	0,0165	3,857	1,642
400	0,0000113	0,0000504	0,0381	0,0164	0,0381	0,0165	3,813	1,641
500	0,0000116	0,0000558	0,0381	0,0164	0,0382	0,0165	3,815	1,643

Tabel 4.12 merupakan data hasil perhitungan presentase *packet loss* dengan nilai *packet loss* TCP/IP dan *packet loss* jaringan yang didapat menggunakan persamaan 2.14

## 1.2 Analisa Data Hasil Pengukuran Parameter QoS ( Quality Of Service )

Dalam tahap ini akan dilakukan perbandingan data hasil pengukuran pada operator Telkomsel dan Indosat dari masing-masing parameter *QoS* dengan standarisasi TIPHON pada kondisi jam sibuk dan jam normal berdasarkan area

sektor Pagesangan 2 dan Pagesangan 3 untuk mengetahui kinerja jaringan operator masih dalam kategori baik untuk digunakan.

### 1.2.1 Analisa Data Hasil Pengukuran Parameter QoS pada Area sektor Pengukuran

Analisa data hasil pengukuran parameter QoS area sektor Pagesangan 2 terdiri dari analisa data hasil pengukuran area sektor Pagesangan 2 dan area sektor Pagesangan 3.

#### 1.2.1.1 Analisa Data Hasil Pengukuran Area Sektor Pagesangan 2

Analisa data hasil pengukuran pada waktu sibuk dan waktu normal dengan Area sektor pengukuran Pagesangan 2 yang terdiri dari analisa parameter QoS yaitu *delay*, *throughput*, dan *packet loss*.

##### 1. Analisa Parameter *End-to-End Delay*

Berdasarkan hasil pengukuran pada waktu sibuk dan waktu normal antara operator Telkomsel dan operator Indosat, maka dapat dilihat nilai *end-to-end delay* Tabel 4.13

Tabel 4. 13 Hasil pengukuran *delay* Area Sektor Pagesangan 2

Jarak (m)	<i>Delay</i> (ms)				Standarisasi TIPHON	
	Sibuk		Normal		<i>Delay</i> (ms)	Kualitas
	Telkomsel	Indosat	Telkomsel	Indosat		
100	33,97	34,57	33,90	34,35	$t < 150$	Sangat Baik
200	33,96	34,44	33,89	34,32	$150 \leq t \leq 300$	Baik
300	33,97	34,43	33,84	34,30	$300 < t \leq 450$	Sedang
400	33,91	34,35	33,85	34,43	$t > 450$	Buruk
500	33,99	34,46	33,95	34,31		
Rata-Rata	33,95850	34,44900	33,88770	34,34298		

Berdasarkan Tabel 4.13, nilai *delay* pada area sektor pengukuran Pagesangan 2 pada waktu sibuk dan waktu normal yaitu tidak terpengaruhi dengan hari dan jarak pengukuran karena dipengaruhi dengan faktor utilisasi dimana semakin besar nilai faktor utilisasi maka kapasitas jaringan yang dipakai akan semakin besar dan membentuk *delay* yang lebih besar sehingga menghasilkan nilai *delay* operator Telkomsel lebih kecil dari pada *delay* operator Indosat pada area sektor Pagesangan 2 karena faktor utilisasi operator Telkomsel rata-rata sebesar 0,1 sedangkan nilai faktor utilisasi operator Indosat rata-rata sebesar 0,6. Tabel 4.13 menunjukkan bahwa rata-rata *delay* operator



Telkomsel yaitu 33,95850 ms waktu sibuk dan 33,88770 ms waktu normal sehingga dapat dikatakan sangat baik berdasarkan standarisasi TIPHON Sedangkan pada operator Indosat memiliki nilai rata-rata *delay* 34,4490 ms waktu sibuk dan 34,34298 ms waktu normal sehingga dapat dikatakan sangat baik berdasarkan standarisasi TIPHON. Hal ini menunjukkan bahwa operator Telkomsel memiliki kinerja *delay* lebih baik dari pada operator Indosat pada area sektor Pagesangan 2 tetapi masih sama-sama dalam kategori sangat baik berdasarkan standar TIPHON.

## 2. Analisa Parameter *Throughput*

Berdasarkan hasil pengukuran pada waktu sibuk dan waktu normal antara operator Telkomsel dan operator Indosatberikut :

Tabel 4. 14 Hasil Pengukuran *Throughput* Area sektor Pagesangan 2

Jarak (m)	<i>Throughput</i> (%)				Standarisasi TIPHON	
	Sibuk		Normal		Y (%)	Kualitas
	Telkomsel	Indosat	Telkomsel	Indosat		
100	25,42	36,31	26,63	36,64	$75 < Y \leq 100$	Sangat Baik
200	25,10	34,58	26,11	36,41	$50 < Y \leq 75$	Baik
300	26,86	36,69	26,22	37,60	$25 \leq Y \leq 50$	Sedang
400	26,13	35,58	25,66	35,49	$Y > 25$	Buruk
500	25,37	35,87	24,51	36,68		
Rata-Rata	25,77	35,81	25,82	36,56		

Berdasarkan Tabel 4.14, nilai prosentase *throughput* pada area sektor Pagesangan 2 pada waktu sibuk dan waktu normal yaitu tidak terpengaruhi dengan hari dan jarak pengukuran. Hal ini nilai *throughput* pada operator pengukuran dipengaruhi dengan indikasi tinggi dan rendahnya keberadaan interferensi suatu jaringan sehingga mengurangi kemampuan suatu parameter *throughput* operator yang dimana nilai *signal to interference ratio* (RIS) secara terukur bahwa operator Telkomsel memiliki nilai lebih kecil dibandingkan operator Indosat yang dimana semakin besar RIS maka semakin kecil BER yang terjadi. Tabel 4.14, menunjukkan bahwa rata-rata *throughput* yaitu 25,77 % waktu sibuk dan 25,82 % waktu normal pada operator Telkomsel sehingga dapat dikatakan sedang berdasarkan standarisasi TIPHON sedangkan pada operator Indosat memiliki nilai rata-rata *throughput* 35,81 % waktu sibuk dan 36,56 %

waktu normal sehingga dapat dikatakan sedang berdasarkan standarisasi TIPHON. Dengan ini menunjukkan data pengukuran *throughput* pada area sektor Pagesangan 2 menandakan bahwa operator Indosat memiliki kinerja *throughput* lebih baik dari pada operator Telkomsel tetapi masih sama-sama dalam katehori sedang dalam standarisasi TIPHON.

### 3. Analisa Parameter *Packet Loss*

Berdasarkan hasil pengukuran pada waktu sibuk dan waktu normal antara operator Telkomsel dan operator Indosat, maka dapat dilihat nilai *packet loss* Tabel 4.15 bagaimana perbandingan parameter *packet loss* hasil pengukuran.

Tabel 4. 15 Hasil pengukuran *packet loss* Area sektor Pagesangan 2

Jarak (m)	<i>Packet loss</i> (%)				Standarisasi TIPHON	
	Sibuk		Normal		$\rho$ (%)	Kualitas
	Telkomsel	Indosat	Telkomsel	Indosat		
100	3,869	1,642	3,8808	1,6412	$0 \leq \rho < 3$	Sangat Baik
200	3,870	1,641	3,8826	1,6402	$3 \leq \rho < 15$	Baik
300	3,869	1,641	3,8721	1,6402	$15 \leq \rho \leq 25$	Sedang
400	3,880	1,640	3,8695	1,6412	$\rho > 25$	Buruk
500	3,866	1,641	3,8720	1,6402		
Rata-Rata	3,8707	1,6413	3,8634	1,6406		

Berdasarkan Tabel 4.15, nilai prosentase *packet loss* pada area sektor Pagesangan 2 pada waktu sibuk dan waktu normal yaitu tidak terpengaruhi dengan hari dan jarak. Hal ini dipengaruhi dengan indikasi interferensi yang terjadi pada jaringan yang menimbulkan BER yang lebih besar sehingga rentang terhadap *error* pada paket yang diterima. Hal ini operator Telkomsel memiliki *packet loss* yang lebih besar dibandingkan *packet loss* pada operator Indosat karena operator Indosat memiliki *bit error* yang lebih kecil dibandingkan operator Telkomsel. Tabel 4.15, menunjukkan bahwa rata-rata *packet loss* Telkomsel yaitu 3,8707 % waktu sibuk dan 3,8634 % waktu normal sehingga dapat dikatakan baik berdasarkan standarisasi TIPHON. Sedangkan pada operator Indosat memiliki nilai rata-rata *packet loss* 1,6413 % waktu sibuk dan 1,6406 % waktu normal sehingga dapat dikatakan sangat baik berdasarkan standarisasi TIPHON. Dengan hal ini menunjukkan data pengukuran *packet loss*

pada area sektor Pagesangan 2 menandakan bahwa operator Indosat memiliki kinerja *packet loss* lebih baik dari pada operator Telkomsel.

### 1.2.1.2 Analisa Data Hasil Pengukuran Area sektor Pagesangan 3

Analisa data hasil pengukuran pada waktu sibuk dan waktu normal dengan area sektor Pagesangan 2 berupa analisa *delay*, *throughput*, dan *packet loss*.

#### 1. Analisa Parameter *End-to-End Delay*

Berdasarkan hasil pengukuran pada waktu sibuk dan waktu normal antara operator Telkomsel dan operator Indosat sebagai berikut :

Tabel 4. 16 Hasil Pengukuran *Delay* Area Sektor Pagesangan 3

Jarak (m)	<i>Delay</i> (ms)				Standarisasi TIPHON	
	Sibuk		Normal		<i>Delay</i> (ms)	Kualitas
	Telkomsel	Indosat	Telkomsel	Indosat		
100	34,24	34,50	34,10	34,29	$t < 150$	Sangat Baik
200	34,09	34,62	34,20	34,59	$150 \leq t \leq 300$	Baik
300	34,07	33,97	34,04	34,29	$300 < t \leq 450$	Sedang
400	34,39	34,39	34,32	34,19	$t > 450$	Buruk
500	34,22	34,74	34,35	34,57		
Rata-Rata	34,2028	34,4448	34,2023	34,3881		

Berdasarkan Tabel 4.16, nilai *delay* pada area sektor Pagesangan 3 pada waktu sibuk dan waktu normal yaitu tidak terpengaruhi dengan hari dan jarak pengukuran. Hal ini dipengaruhi dengan faktor utilisasi dimana semakin besar nilai faktor utilisasi maka kapasitas jaringan yang dipakai akan semakin besar dan membentuk *delay* yang lebih besar sehingga menghasilkan nilai *delay* operator Telkomsel lebih kecil dari pada *delay* operator Indosat pada area sektor Pagesangan 3. Tabel 4.13, menunjukan bahwa rata-rata *delay* operator Telkomsel selama seminggu pengukuran yaitu 34,2028 ms waktu sibuk dan 34,2023 ms waktu normal sehingga dapat dikatakan sangat baik berdasarkan standarisasi TIPHON Sedangkan pada operator Indosat memiliki nilai rata-rata *delay* 34,4448 ms waktu sibuk dan 34,3881 ms waktu normal sehingga dapat dikatakan sangat baik berdasarkan standarisasi TIPHON. Hal ini menunjukan bahwa operator Telkomsel memiliki kinerja *delay* lebih baik dari pada operator Indosat pada area sektor Pagesangan 3 tetapi masih sama-sama dalam kategori sangat baik berdasarkan standar TIPHON.

## 2. Analisa Parameter *Throughput*

Berdasarkan hasil pengukuran pada waktu sibuk dan waktu normal antara operator Telkomsel dan operator Indosat, maka dapat dilihat nilai *throughput* Tabel berikut 4.17 berikut :

Tabel 4. 17 Hasil pengukuran *throughput* Area Sektor PAGESANGAN 3

Jarak (m)	<i>Throughput</i> (%)				Standarisasi TIPHON	
	Sibuk		Normal		Y (%)	Kualitas
	Telkomsel	Indosat	Telkomsel	Indosat		
100	26,69	36,03	27,07	40,91	$75 < Y \leq 100$	Sangat Baik
200	26,87	39,45	27,20	41,69	$50 < Y \leq 75$	Baik
300	25,24	29,07	26,64	35,61	$25 \leq Y \leq 50$	Sedang
400	27,00	36,53	27,33	40,03	$Y > 25$	Buruk
500	25,74	35,64	24,87	39,08		
Rata-Rata	26,31	35,34	26,62	39,46		

Berdasarkan Tabel 4.17, nilai prosentase *throughput* pada area sektor PAGESANGAN 3 pada waktu sibuk dan waktu normal yaitu tidak terpengaruhi dengan hari dan jarak pengukuran. Hal ini nilai *throughput* pada operator pengukuran dipengaruhi dengan indikasi tinggi dan rendahnya keberadaan interferensi suatu jaringan sehingga mengurangi kemampuan suatu parameter *throughput* yang dimana nilai *signal to interference ratio* (RIS) secara terukur bahwa operator Telkomsel memiliki nilai lebih kecil dibandingkan operator Indosat yang dimana semakin RIS maka semakin kecil BER yang terjadi. Tabel 4.17, menunjukkan bahwa nilai *throughput* kedua operator memiliki nilai *throughput* waktu normal lebih kecil dibandingkan nilai *throughput* waktu sibuk dengan rata-rata *throughput* yaitu 26,31 % waktu sibuk dan 26,62 % waktu normal pada operator Telkomsel sehingga dapat dikatakan sedang berdasarkan standarisasi TIPHON sedangkan pada operator Indosat memiliki nilai rata-rata *throughput* 35,34 % waktu sibuk dan 39,46 % waktu normal sehingga dapat dikatakan sedang berdasarkan standarisasi TIPHON. Dengan hal tersebut menunjukkan data pengukuran *throughput* pada area sektor PAGESANGAN 3 menandakan bahwa operator Indosat memiliki kinerja *throughput* lebih baik dari pada operator Telkomsel.

### 3. Analisa parameter *packet loss*

Berdasarkan hasil pengukuran waktu sibuk dan waktu normal antara operator Telkomsel dan operator dapat dilihat nilai *packet loss* Tabel 4.18 berikut :

Tabel 4. 18 Hasil Pengukuran *Packet Loss* Area Sektor Pagesangan 3

Jarak (m)	<i>Packet loss</i> (%)				Standarisasi TIPHON	
	Sibuk		Normal		$\rho$ (%)	Kualitas
	Telkomsel	Indosat	Telkomsel	Indosat		
100	3,825	1,643	3,847	1,640	$0 \leq \rho < 3$	Sangat Baik
200	3,848	1,643	3,831	1,643	$3 \leq \rho < 15$	Baik
300	3,852	1,643	3,857	1,642	$15 \leq \rho \leq 25$	Sedang
400	3,813	1,641	3,813	1,641	$\rho > 25$	Buruk
500	3,828	1,646	3,815	1,643		
Rata-Rata	3,833	1,643	3,832	1,642		

Berdasarkan Tabel 4.18, nilai prosentase *packet loss* pada area sektor Pagesangan 3 pada waktu sibuk dan waktu normal yaitu tidak terpengaruhi dengan hari dan jarak pengukuran. Hal ini dipengaruhi dengan indikasi interferensi yang terjadi pada jaringan yang menimbulkan BER yang lebih besar sehingga rentang terhadap *error* pada paket yang diterima. Hal ini operator Telkomsel memiliki *packet loss* yang lebih besar dibandingkan *packet loss* pada operator Indosat karena operator Indosat memiliki *bit error* yang lebih kecil dibandingkan operator Telkomsel. Tabel 4.18, menunjukkan bahwa rata-rata *packet loss* Telkomsel selama seminggu pengukuran yaitu pada jarak 100 meter sampai 500 meter antara UE dan *node B* yaitu 3,833 % waktu sibuk dan 3,832 % waktu normal sehingga dapat dikatakan baik berdasarkan standarisasi TIPHON Sedangkan pada operator Indosat memiliki nilai rata-rata *packet loss* 1,643 % waktu sibuk dan 1,642 % waktu normal sehingga dapat dikatakan sangat baik berdasarkan standarisasi TIPHON. Dengan hal ini menunjukkan data pengukuran *packet loss* pada area sektor Pagesangan 3 menandakan bahwa operator Indosat memiliki kinerja *packet loss* lebih baik dari pada operator Telkomsel.

#### 1.2.2 Analisa Data Hasil Pengukuran Parameter QoS Terhadap Waktu Pengukuran

Analisa data hasil pengukuran parameter QoS terdiri dari analisa data hasil pengukuran area sektor Pagesangan 2 dan area sektor Pagesangan 3 yang

berdasarkan waktu sibuk dan waktu normal pada operator Telkomsel dan operator Indosat pada jarak pengukuran.

### 1.2.2.1 Analisa Data Hasil Pengukuran Waktu Sibuk

Analisa data pada waktu sibuk dengan area sektor pengukuran Pagesangan 2 dan Pagesangan 3 dalam menentukan kinerja parameter QoS operator yang lebih baik pada area sektor pengukuran

#### 1. Analisa Parameter *End-to-End Delay*

Berdasarkan hasil pengukuran pada waktu sibuk antara operator Telkomsel dan operator Indosat pada jarak pengukuran selama seminggu pengukuran, maka dapat dilihat nilai *end-to-end delay* Tabel 4.19 :

Tabel 4. 19 Hasil pengukuran *End-to-End Delay* waktu sibuk

Jarak (meter)	<i>Delay</i> (ms)				Standarisasi TIPHON	
	Pagesangan 2		Pagesangan 3		<i>Delay</i> (ms)	Kualitas
	Telkomsel	Indosat	Telkomsel	Indosat	$t < 150$	Sangat Baik
100	33,97	34,57	34,24	34,50	$150 \leq t \leq 300$	Baik
200	33,96	34,44	34,09	34,62	$300 < t \leq 450$	Sedang
300	33,97	34,43	34,07	33,97	$t > 450$	Buruk
400	33,91	34,35	34,39	34,39		
500	33,99	34,46	34,22	34,74		
Rata-rata	33,9585	34,4490	34,2018	34,4448		

Berdasarkan Tabel 4.19, nilai *delay* pada pengukuran waktu sibuk area sektor Pagesangan 2 dan area sektor Pagesangan 3 tidak terpengaruhi dengan hari dan jarak pengukuran. Hal ini dipengaruhi dengan faktor utilisasi dimana semakin besar nilai faktor utilisasi maka kapasitas jaringan yang dipakai akan semakin besar dan membentuk *delay* yang lebih besar sehingga menghasilkan nilai *delay* operator Telkomsel lebih kecil dari pada *delay* operator Indosat karena faktor utilisasi operator Telkomsel rata-rata sebesar 0,1 sedangkan nilai faktor utilisasi operator Indosat rata-rata sebesar 0,6. Tabel 4.19 menunjukkan bahwa rata-rata *delay* operator Telkomsel selama seminggu pengukuran yaitu 33,9585 ms pada Area sektor Pagesangan 2 dan 34,2018 ms pada Area sektor Pagesangan 3 sehingga dapat dikatakan sangat baik berdasarkan standarisasi TIPHON. Sedangkan pada operator Indosat memiliki nilai rata-rata *delay* 34,4490 ms pada area sektor Pagesangan 2 dan 34,4448 ms pada area sektor

Pagesangan 3 sehingga dapat dikatakan sangat baik berdasarkan standarisasi TIPHON. Dari data Tabel 4.19, hasil pengukuran *delay* tersebut pada setiap jarak pengukuran menunjukkan bahwa *delay* waktu sibuk yang dimana operator Telkomsel memiliki *delay* yang lebih baik pada area sektor Pagesangan 2 sedangkan *delay* pada operator Indosat memiliki nilai *delay* yang lebih baik pada Area sektor Pagesangan 3. Dan secara pengukuran *delay* pada waktu sibuk dari kedua area sektor pengukuran menunjukkan bahwa operator Telkomsel masih memiliki kinerja *delay* yang lebih baik dari pada operator Indosat.

## 2. Analisa Parameter *Throughput*

Berdasarkan hasil pengukuran pada waktu sibuk antara operator Telkomsel dan operator Indosat, maka dapat dilihat nilai *throughput* Tabel 4.20 berikut :

Tabel 4. 20 Hasil pengukuran *throughput* waktu sibuk

Jarak (meter)	<i>Throughput</i> (%)				Standarisasi TIPHON	
	Pagesangan 2		Pagesangan 3		Y (%)	Kualitas
	Telkomsel	Indosat	Telkomsel	Indosat	$75 < Y \leq 100$	Sangat Baik
100	25,42	36,31	26,69	36,03	$50 < Y \leq 75$	Baik
200	25,10	34,58	26,87	39,45	$25 \leq Y \leq 50$	Sedang
300	26,86	36,69	25,24	33,19	$Y > 25$	Buruk
400	26,13	35,58	27,00	36,53		
500	25,37	35,87	25,74	35,64		
Rata-rata	25,77	35,81	26,31	36,17		

Berdasarkan Tabel 4.20, nilai prosentase *throughput* pada pengukuran waktu sibuk dengan Area sektor Pagesangan 3 dan Area sektor Pagesangan 2 tidak terpengaruhi dengan hari dan jarak pengukuran. Hal ini nilai *throughput* pada operator pengukuran dipengaruhi dengan indikasi tinggi dan rendahnya keberadaan interferensi suatu jaringan sehingga mengurangi kemampuan suatu parameter *throughput* operator yang menimbulkan BER yang lebih besar, yang dimana nilai *signal to interference ratio* (RIS) secara terukur bahwa operator Telkomsel memiliki nilai lebih kecil dibandingkan operator Indosat yang dimana semakin RIS maka semakin kecil BER yang terjadi. Tabel 4.20 menunjukkan bahwa nilai *throughput* kedua operator selama seminggu pengukuran yaitu 25,77 % area sektor Pagesangan 2 dan 26,31 % area sektor Pagesangan 3 pada operator Telkomsel sehingga dapat dikatakan sedang berdasarkan standarisasi

TIPHON. Sedangkan pada operator Indosat memiliki nilai rata-rata *throughput* 35,81 % area sektor Pagesangan 2 dan 36,17 % area sektor Pagesangan 3 sehingga dapat dikatakan sedang berdasarkan standarisasi TIPHON. Hal ini menunjukkan data pengukuran *throughput* waktu sibuk pada area sektor Pagesangan 3 dan area sektor Pagesangan 2 menandakan bahwa kinerja *throughput* operator Indosat dan kinerja *throughput* operator Telkomsel memiliki kinerja *throughput* yang lebih baik pada area sektor Pagesangan 3 dibandingkan area sektor Pagesangan 2 dan secara pengukuran *throughput* pada waktu sibuk dari kedua area sektor pengukuran menunjukkan bahwa operator Indosat masih memiliki kinerja *throughput* yang lebih baik dari pada operator Telkomsel.

### 3. Analisa parameter *packet loss*

Berdasarkan hasil pengukuran pada waktu sibuk antara operator Telkomsel dan operator Indosat, maka dapat dilihat nilai *packet loss* Tabel 4.21:

Tabel 4. 21 Hasil Pengukuran *Packet loss* waktu sibuk

Jarak (meter)	<i>packet loss</i> (%)				Standarisasi TIPHON	
	Pagesangan 2		Pagesangan 3		$\rho$ (%)	Kualitas
	Telkomsel	Indosat	Telkomsel	Indosat		
100	3,869	1,642	3,825	1,643	$0 \leq \rho < 3$	Sangat Baik
200	3,870	1,641	3,848	1,643	$3 \leq \rho < 15$	Baik
300	3,869	1,641	3,852	1,643	$15 \leq \rho \leq 25$	Sedang
400	3,880	1,640	3,813	1,641	$\rho > 25$	Buruk
500	3,866	1,641	3,828	1,646		
Rata-rata	3,871	1,641	3,833	1,643		

Berdasarkan Tabel 4.21, nilai prosentase *packet loss* pada pengukuran waktu sibuk terhadap area sektor Pagesangan 3 dan area sektor Pagesangan 2 tidak terpengaruhi dengan hari dan jarak pengukuran. Hal ini dipengaruhi dengan indikasi interferensi yang terjadi pada jaringan yang menimbulkan BER yang lebih besar sehingga rentang terhadap *error* pada paket yang diterima. Sehingga operator Telkomsel memiliki *packet loss* yang lebih besar dibandingkan *packet loss* pada operator Indosat karena operator Indosat memiliki *bit error* yang lebih kecil dibandingkan operator Telkomsel. Tabel 4.21 menunjukkan bahwa rata-rata *packet loss* waktu sibuk pada area sektor pengukuran bahwa operator Telkomsel selama seminggu pengukuran yaitu 3,871 % pada area sektor Pagesangan 2 dan 3,833 % pada area sektor



Pagesangan 3 sehingga dapat dikatakan baik berdasarkan standarisasi TIPHON. Sedangkan pada operator Indosat memiliki nilai rata-rata *packet loss* waktu sibuk 1,641 % area Pagesangan 2 dan 1,643 % area sektor Pagesangan 3 sehingga dapat dikatakan sangat baik berdasarkan standarisasi TIPHON. Dengan hal tersebut menunjukkan data pengukuran *packet loss* waktu sibuk pada area sektor pengukuran menandakan yang dimana operator Indosat memiliki kinerja *packet loss* waktu sibuk lebih baik pada area sektor Pagesangan 2 sedangkan kinerja *packet loss* waktu sibuk operator Telkomsel memiliki kinerja lebih baik pada area sektor Pagesangan 3. Dan secara pengukuran *packet loss* pada waktu sibuk dari kedua area sektor pengukuran menunjukkan bahwa operator Indosat memiliki kinerja *packet loss* yang lebih baik dari operator Telkomsel.

### 1.2.2.2 Analisa Data Hasil Pengukuran Waktu Normal

Analisa data pada waktu normal dengan area sektor pengukuran Pagesangan 2 dan Pagesangan 3 yang terdiri dari analisa parameter QoS dalam menentukan kinerja parameter QoS operator yang lebih baik pada area sektor pengukuran

#### 1. Analisa Parameter *End-to-End Delay*

Berdasarkan hasil pengukuran pada waktu normal antara operator Telkomsel dan operator Indosat, maka dapat dilihat nilai *end-to-end delay* area sektor Pagesangan 3 Tabel 4.22 berikut:

Tabel 4. 22 Hasil pengukuran *delay to-end* waktu normal

Jarak (meter)	<i>Delay</i> (ms)				Standarisasi TIPHON	
	Pagesangan 2		Pagesangan 3		<i>Delay</i> (ms)	Kualitas
	Telkomsel	Indosat	Telkomsel	Indosat	$t < 150$	Sangat Baik
100	33,90	34,35	34,10	34,29	$150 \leq t \leq 300$	Baik
200	33,89	34,32	34,20	34,59	$300 < t \leq 450$	Sedang
300	33,84	34,30	34,04	34,29	$t > 450$	Buruk
400	33,85	34,43	34,32	34,19		
500	33,95	34,31	34,35	34,57		
Rata-rata	33,8877	34,3430	34,2023	34,3881		

Berdasarkan Tabel 4.22 nilai *delay* pada pengukuran waktu normal berdasarkan area sektor Pagesangan 2 dan area sektor Pagesangan 3 tidak terpengaruhi dengan hari dan jarak pengukuran. Hal ini dipengaruhi dengan faktor utilisasi dimana semakin besar nilai faktor utilisasi maka kapasitas jaringan yang dipakai akan semakin besar dan membentuk *delay* yang lebih

besar sehingga menghasilkan nilai *delay* operator Telkomsel lebih kecil dari pada *delay* operator Indosat karena faktor utilisasi operator Telkomsel rata-rata sebesar 0,1 sedangkan nilai faktor utilisasi operator Indosat rata-rata sebesar 0,6. Tabel 4.22 menunjukkan bahwa rata-rata *delay* operator Telkomsel selama seminggu pengukuran yaitu 33,8877 ms pada Area sektor Pagesangan 2 dan 34,2023 ms pada Area sektor Pagesangan 3 sehingga dapat dikatakan sangat baik berdasarkan standarisasi TIPHON. Sedangkan pada operator Indosat memiliki nilai rata-rata *delay* 34,3430 ms pada area sektor Pagesangan 2 dan 34,3881 ms pada area sektor Pagesangan 3 sehingga dapat dikatakan sangat baik berdasarkan standarisasi TIPHON. Pada Tabel 4.22, hasil pengukuran *delay* pada setiap jarak pengukuran menunjukkan bahwa *delay* waktu normal yang dimana operator Telkomsel memiliki *delay* yang lebih baik pada area sektor Pagesangan 2 sedangkan *delay* pada operator Indosat memiliki nilai *delay* yang lebih baik pada area sektor Pagesangan 3 dan secara pengukuran *delay* pada waktu sibuk dari kedua area sektor pengukuran menunjukkan bahwa operator Telkomsel memiliki kinerja *delay* yang lebih baik dari operator Indosat.

## 2. Analisa Parameter *Throughput*

Berdasarkan hasil pengukuran pada waktu normal antara operator Telkomsel dan operator Indosat, maka dapat dilihat nilai *throughput* Tabel berikut 4.23 :

Tabel 4. 23 Hasil pengukuran *throughput* waktu normal

Jarak (meter)	<i>Throughput</i> (%)				Standarisasi TIPHON	
	Pagesangan 2		Pagesangan 3		Y (%)	Kualitas
	Telkomsel	Indosat	Telkomsel	Indosat	$75 < Y \leq 100$	Sangat Baik
100	26,63	36,64	27,07	40,91	$50 < Y \leq 75$	Baik
200	26,11	36,41	27,20	41,69	$25 \leq Y \leq 50$	Sedang
300	26,22	37,60	26,64	35,61	$Y > 25$	Buruk
400	25,66	35,49	27,33	40,03		
500	24,51	36,68	24,87	39,08		
Rata-rata	25,82	36,56	26,62	39,46		

Berdasarkan Tabel 4.23, nilai prosentase *throughput* pada pengukuran waktu normal dengan pada area sektor Pagesangan 3 dan area sektor Pagesangan 2 tidak terpengaruhi dengan hari dan jarak pengukuran. Hal ini nilai *throughput* pada operator pengukuran dipengaruhi dengan indikasi tinggi dan rendahnya

keberadaan interferensi suatu jaringan sehingga mengurangi kemampuan suatu parameter *throughput* operator yang menimbulkan BER yang lebih besar, yang dimana nilai *signal to interference ratio* (RIS) secara terukur bahwa operator Telkomsel memiliki nilai lebih kecil dibandingkan operator Indosat dengan secara teori *signal to interference ratio* (RIS) menunjukkan kualitas BER yang dimana semakin besar *signal to interference ratio* (RIS) maka semakin kecil BER yang terjadi. Tabel 4.23, menunjukkan bahwa nilai *throughput* kedua operator selama seminggu pengukuran yaitu 25,82 % area sektor Pagesangan 2 dan 26,62 % area sektor Pagesangan 3 pada operator Telkomsel sehingga dapat dikatakan sedang berdasarkan standarisasi TIPHON. Sedangkan pada operator Indosat memiliki nilai rata-rata *throughput* 36,65 % area sektor Pagesangan 2 dan 39,46 % area sektor Pagesangan 3 sehingga dapat dikatakan sedang berdasarkan standarisasi TIPHON. Dengan hal tersebut menunjukkan data pengukuran *throughput* waktu normal pada area sektor Pagesangan 3 dan area sektor Pagesangan 2 menandakan bahwa kinerja *throughput* operator Indosat dan kinerja *throughput* operator Telkomsel memiliki kinerja *throughput* yang lebih baik pada area sektor Pagesangan 3 dibandingkan area sektor Pagesangan 2 dan secara pengukuran *throughput* pada waktu normal dari kedua area sektor pengukuran menunjukkan bahwa operator Indosat masih memiliki kinerja *throughput* yang lebih baik dari pada operator Telkomsel dengan rata-rata pada jarak pengukuran antara 100 meter sampai 500 meter antara UE sampai *node B* selama seminggu pengukuran.

### 3. Analisa *parameter packet loss*

Berdasarkan hasil pengukuran pada waktu normal antara operator Telkomsel dan operator Indosat pada jarak pengukuran 100 meter sampai 500 meter antara UE dan *node B* selama seminggu pengukuran dengan nilai rata-rata parameter *packet loss* yang diperhitungkan, maka dapat dilihat nilai *packet loss* Tabel 4.24:

Tabel 4. 24 Hasil pengukuran *packet loss* waktu normal

Jarak (meter)	<i>packet loss</i> (%)				Standarisasi TIPHON	
	Pagesangan 2		Pagesangan 3		$\rho$ (%)	Kualitas
	Telkomsel	Indosat	Telkomsel	Indosat	$0 \leq \rho < 3$	Sangat Baik
100	3,8808	1,6412	3,847	1,640	$3 \leq \rho < 15$	Baik
200	3,8826	1,6402	3,831	1,643	$15 \leq \rho \leq 25$	Sedang
300	3,8921	1,6402	3,857	1,642	$\rho > 25$	Buruk
400	3,8895	1,6412	3,813	1,641		
500	3,8720	1,6402	3,815	1,643		
Rata-rata	3,8834	1,6406	3,832	1,642		

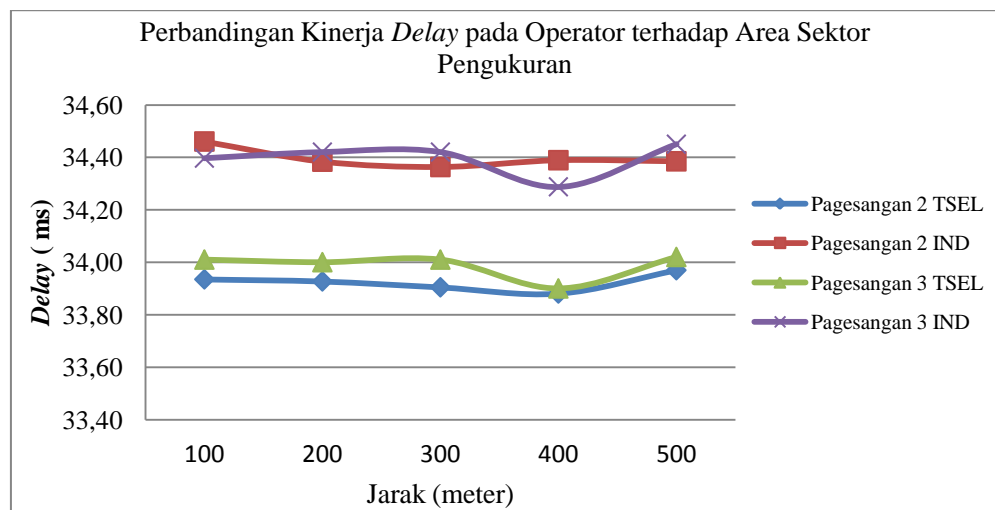
Berdasarkan Tabel 4.24, nilai prosentase *packet loss* pada pengukuran waktu normal terhadap area sektor Pagesangan 3 dan area sektor Pagesangan 2 tidak terpengaruhi dengan hari dan jarak pengukuran. Hal ini dipengaruhi dengan indikasi interferensi yang terjadi pada jaringan yang menimbulkan BER yang lebih besar sehingga rentang terhadap *error* pada paket yang diterima. Hal ini operator Telkomsel memiliki *packet loss* yang lebih besar dibandingkan *packet loss* pada operator Indosat karena operator Indosat memiliki *bit error* yang lebih kecil dibandingkan operator Telkomsel. Tabel 4.24, menunjukkan bahwa rata-rata *packet loss* waktu normal bahwa operator Telkomsel yaitu 3,8834 % pada area sektor Pagesangan 2 dan 3,832 % pada area sektor Pagesangan 3 sehingga dapat dikatakan baik berdasarkan standarisasi TIPHON. Untuk operator Indosat memiliki nilai rata-rata *packet loss* waktu sibuk 1,6406 % area Pagesangan 2 dan 1,642 % area sektor Pagesangan 3 sehingga dapat dikatakan sangat baik berdasarkan standarisasi TIPHON. Dengan ini menunjukkan data pengukuran *packet loss* waktu normal pada area sektor pengukuran menandakan bahwa operator Indosat memiliki kinerja *packet loss* waktu normal lebih baik pada area sektor Pagesangan 2 sedangkan kinerja *packet loss* waktu normal operator Telkomsel memiliki kinerja *packet loss* lebih baik pada area sektor Pagesangan 3. Dan secara pengukuran *packet loss* pada waktu normal dari kedua area sektor pengukuran menunjukkan bahwa operator Indosat masih memiliki kinerja *packet loss* yang lebih baik dari operator Telkomsel.

### 1.2.3 Analisa Perbandingan Pengolahan Data Hasil Terhadap Parameter QoS pada Kinerja Operator

Dalam tahap ini akan dilakukan analisa perbandingan kinerja nilai parameter *QoS* pada operator Telkomsel dan operator Indosat pada tiap area sektor penelitian dan waktu pengukuran guna melihat mana yang lebih baik kinerja dari operator Telkomsel dan Indosat.

#### 1.2.3.1 Analisa Perbandingan pada Area Sektor Pengukuran

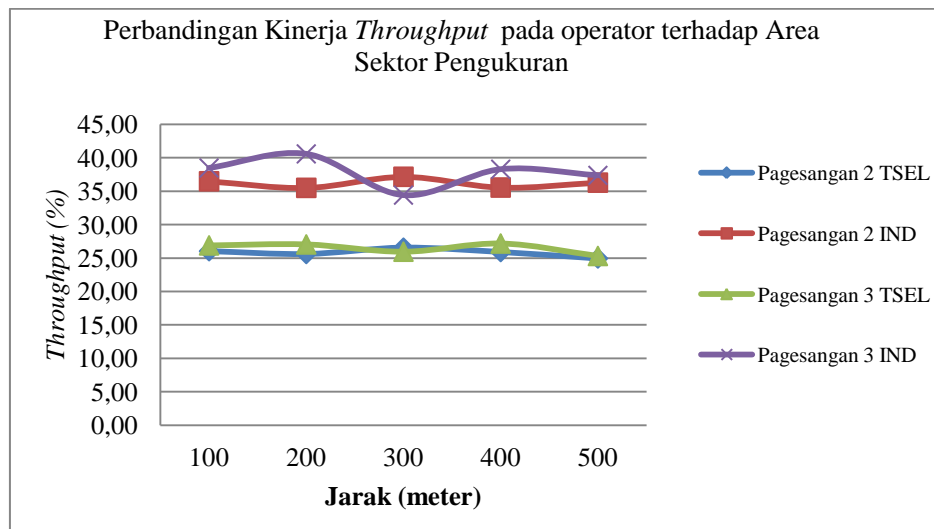
Perbandingan nilai parameter *QoS* sebagai acuan untuk menilai kinerja jaringan yang lebih baik antara operator Telkomsel dan operator Indosat pada jarak pengukuran 100 meter sampai 500 meter dari *node* B bersama dengan UE pada tiap Area sektor pengukuran selama seminggu pengukuran. Pada analisa ini dapat dilihat pada Gambar-Gambar berikut ini



Gambar 4. 1 Perbandingan Kinerja parameter *delay* pada operator

Pada Gambar 4.1 dapat diketahui bagaimana pengaruh area sektor pengukuran terhadap nilai kinerja *delay* yang didapat bahwa operator Telkomsel memiliki nilai *delay* yang lebih baik pada area sektor Pagesangan 2 dengan rata-rata 33,923 ms bila dibandingkan nilai *delay* pada area sektor Pagesangan 3 dengan rata-rata 33,988 ms. Sedangkan nilai *delay* pada operator Indosat memiliki nilai yang lebih baik pada area sektor Pagesangan 3 dengan rata-rata 34,394 dari pada nilai *delay* pada area sektor Pagesangan 2 dengan rata-rata 34,496 ms. Dimana semakin kecil *delay* suatu operator maka semakin baik kinerja jaringan pada area sektor tersebut. Hal ini dengan mengacu standarisasi TIPHON pada Tabel 2.1, nilai *delay* pada operator Telkomsel dan Indosat memiliki nilai dalam kategori sangat baik dari jarak 100 meter sampai 500 meter pengukuran yaitu memiliki nilai *delay* dalam rentang  $t < 150$  ms. Pada nilai *delay*

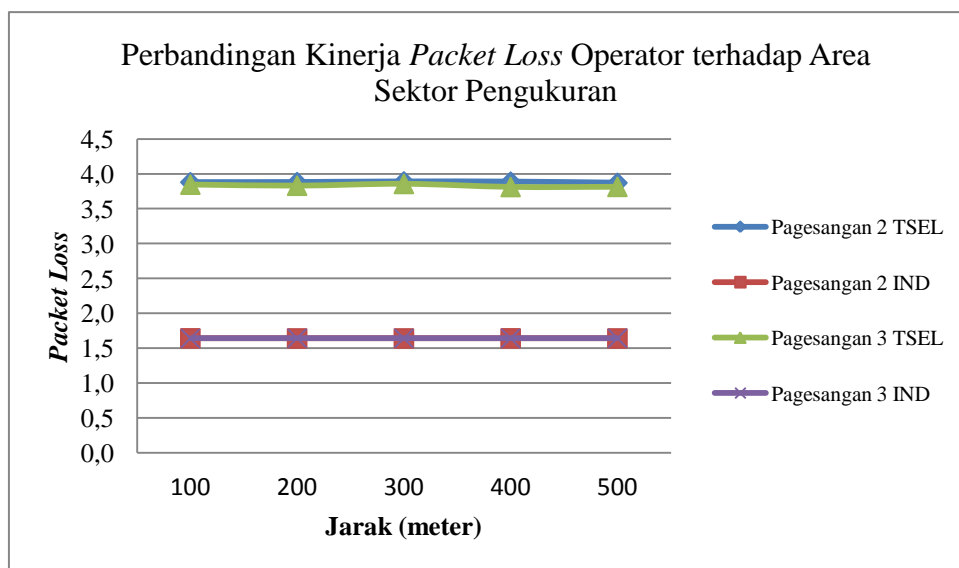
pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa nilai *delay* dipengaruhi dengan besar kecilnya nilai faktor utilisasi yang terjadi yang dimana Operator Telkomsel memiliki nilai faktor utilisasi yang lebih kecil yaitu rata-rata utilisasi sebesar 0,1 dibandingkan faktor utilisasi Indosat dengan rata-rata utilisasi 0,6 dengan secara teori semakin besar nilai utilisasi maka akan semakin besar nilai *delay* suatu jaringan. Dari gambar 4.1 menunjukkan bahwa operator Telkomsel memiliki nilai *delay* yang lebih baik dari pada *delay* yang terjadi pada operator Indosat.



Gambar 4. 2 Perbandingan Kinerja parameter *Throughput* pada operator

Pada Gambar 4.2 dapat diketahui bagaimana pengaruh area sektor pengukuran terhadap nilai kinerja *throughput* yang didapat bahwa operator Telkomsel dan operator Indosat memiliki nilai kinerja *throughput* yang lebih baik pada area sektor Pagesangan 3 dengan rata-rata prosentase *throughput* 26,47 % untuk operator Telkomsel dan 37,82 untuk operator Indosat bila dibandingkan pada area sektor 2 dengan rata-rata prosentase *throughput* 25,80 % untuk Telkomsel dan 36,19 % untuk Indosat. Hal ini dengan mengacu pada standarisasi TIPHON pada gambar 4.2 bahwa nilai *throughput* pada operator Telkomsel dan operator Indosat memiliki nilai dalam kategori sedang dari jarak 100 meter sampai 500 meter yaitu dengan rentang *throughput* antara  $25 \leq Y \leq 50$  % pada standarisasi TIPHON. Pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa nilai *throughput* Indosat memiliki kinerja lebih baik dari pada operator Telkomsel, hal ini nilai *throughput* pada operator Telkomsel dipengaruhi dengan indikasi keberadaan interferensi pada frekuensi yang sama dengan indentifikasi *active set* dan *monitored neighbor* pada frekuensi pakai dengan UARFCN 10613 yaitu 2123 Mhz dan juga indentifikasi frekuensi lain dengan UARFCN 10638 dan

10668 yaitu 2128 Mhz dan 2134 Mhz dalam suatu jaringan sehingga mengurangi kemampuan dalam mengirim frame-frame data secara handal dimana pada operator pengukuran Telkomsel lebih rentang terhadap interferensi dalam jaringan bila dibandingkan pada operator Indosat.



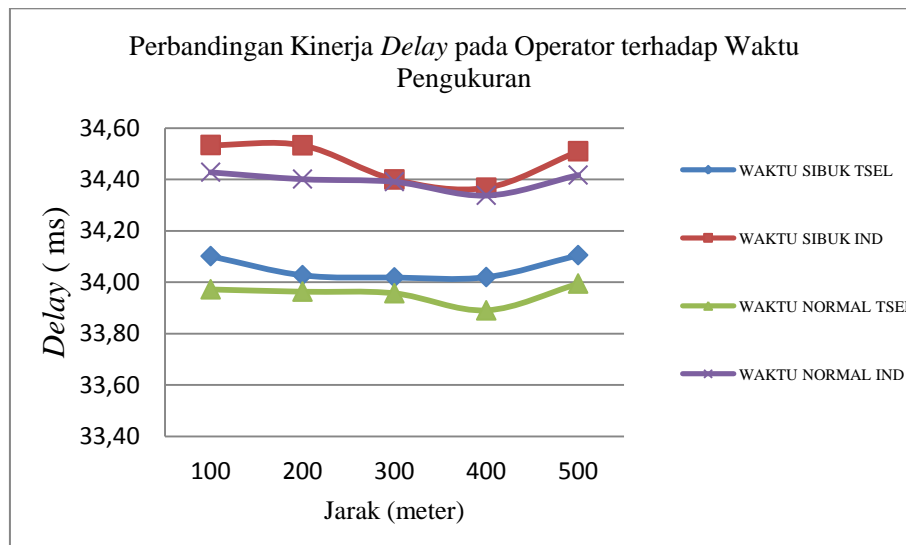
Gambar 4. 3 Perbandingan kinerja parameter *packet loss* pada operator

Pada Gambar 4.3 dapat diketahui bagaimana pengaruh area sektor pengukuran terhadap nilai kinerja *packet loss* yang dimana operator Telkomsel memiliki nilai *packet loss* yang lebih baik pada Area sektor Pagesangan 3 dengan rata-rata 3,83 % dibandingkan nilai *packet loss* pada Area sektor Pagesangan 2 dengan rata-rata 3,88 %. Sedangkan nilai *packet loss* pada operator Indosat memiliki nilai yang lebih baik pada Area sektor Pagesangan 2 dengan rata-rata 1,641 % dari pada nilai *packet loss* pada Area sektor Pagesangan 2 dengan rata-rata 1,642 %. Dimana semakin kecil *packet loss* suatu operator maka semakin baik kinerja jaringan pada Area sektor tersebut. Hal ini dengan mengacu pada standarisasi TIPHON Tabel 2.3 nilai *packet loss* pada operator Telkomsel memiliki nilai dalam kategori baik dari jarak pengukuran 100 meter sampai 500 meter yaitu  $3 \leq \rho < 15$  %, sedangkan operator Indosat memiliki nilai *packet loss* dalam kategori sangat baik dari jarak pengukuran 100 meter sampai 500 meter yaitu  $0 \leq \rho < 3$  %. Pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa nilai *packet loss* Indosat memiliki kinerja lebih baik dari pada operator Telkomsel, hal ini nilai *packet loss* pada operator Telkomsel dipengaruhi dengan indikasi keberadaan interferensi pada frekuensi yang sama dengan indentifikasi *active set* dan *monitored neighbor* pada frekuensi pakai dengan UARFCN 10613 yaitu 2123 Mhz dan juga indentifikasi frekuensi lain dengan UARFCN 10638 dan 10668 yaitu 2128 Mhz dan 2134

Mhz dalam suatu jaringan sehingga menimbulkan *bit error rate* yang besar terhadap frame-frame data yang dimana pada operator pengukuran Telkomsel lebih rentang terhadap interferensi dalam jaringan bila dibandingkan pada operator Indosat.

### 1.2.3.2 Analisa Perbandingan Berdasarkan Waktu Pengukuran

Perbandingan nilai parameter *QoS* pada operator Telkomsel dan operator Indosat pada jarak pengukuran 100 meter sampai 500 meter dari *node B* bersama dengan UE berdasarkan waktu pengukuran selama seminggu pengukuran dapat dilihat pada Gambar-Gambar berikut ini :

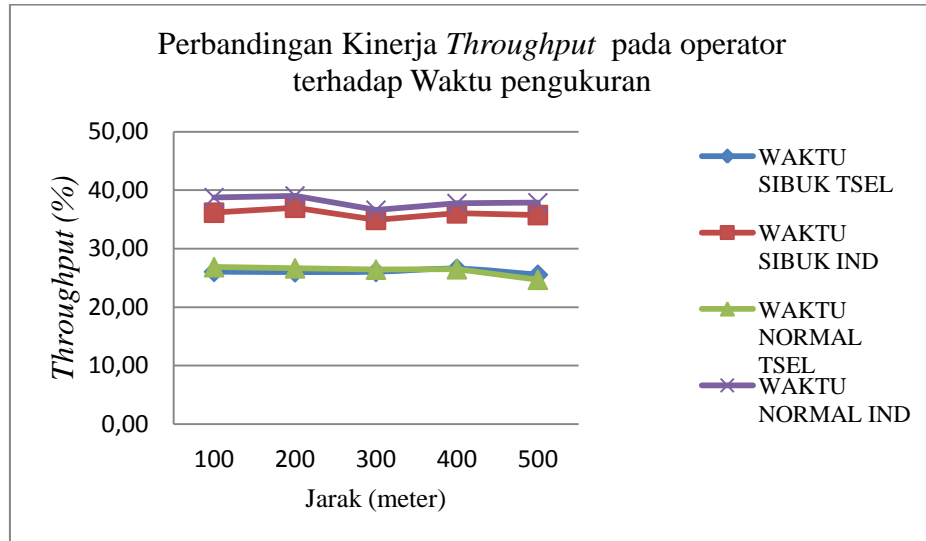


Gambar 4. 4 Perbandingan kinerja parameter *delay* berdasarkan waktu pengukuran

Pada Gambar 4.4 dapat diketahui bagaimana pengaruh waktu pengukuran terhadap nilai kinerja *delay* yang didapat bahwa operator Telkomsel dan operator Indosat antara waktu pengukuran sibuk dan waktu normal yang dimana memiliki nilai *delay* yang lebih baik pada waktu pengukuran normal dengan rata-rata 33,96 ms untuk Telkomsel dan 34,40 ms untuk Indosat dari bila dibandingkan *delay* pada waktu pengukuran sibuk dengan rata-rata 34,05 ms untuk Telkomsel dan 34,47 ms untuk Indosat. Hal ini pada waktu sibuk kemungkinan ada peningkatan terhadap trafik. Pada Gambar 4.4 dengan mengacu pada standarisasi TIPHON Tabel 2.1 nilai *delay* pada operator Telkomsel dan Indosat memiliki nilai dalam kategori sangat baik dari jarak pengukuran 100 meter sampai 500 meter yaitu dalam rentang antara  $t < 150$  ms. Pada nilai *delay* pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai *delay* dipengaruhi dengan faktor utilisasi yang menandakan kapasitas jaringan terpakai terhadap



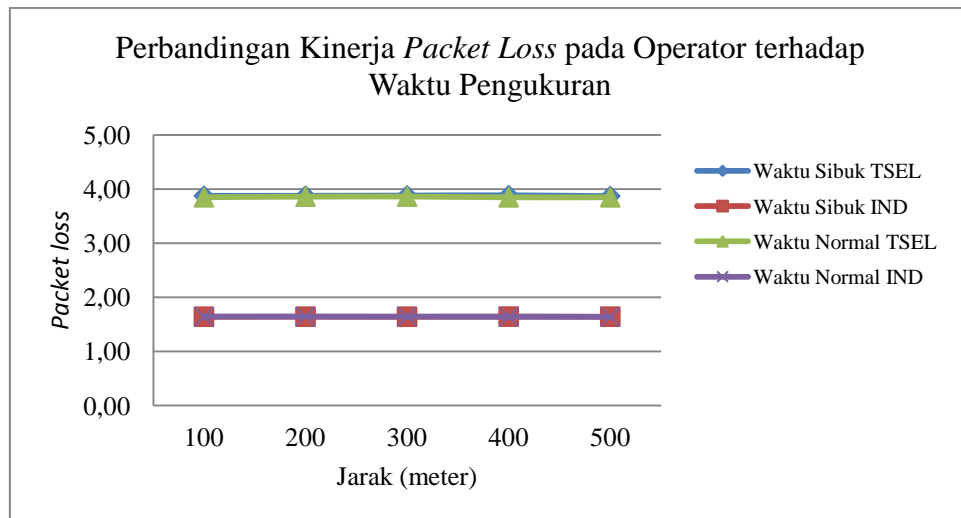
proses transmisi dari suatu titik ke titik tujuan yang dimana Operator Telkomsel memiliki nilai faktor utilisasi yang lebih kecil dibandingkan faktor utilisasi Indosat dengan semakin besar nilai utilisasi maka akan semakin besar nilai *delay* suatu jaringan. Sehingga menunjukkan bahwa kinerja *delay* jaringan yang berdasarkan waktu pengukuran bahwa Telkomsel memiliki kinerja yang lebih baik dari pada kinerja Indosat.



Gambar 4. 5 Perbandingan kinerja parameter *throughput* berdasarkan waktu pengukuran

Pada Gambar 4.5 dapat diketahui bagaimana pengaruh waktu pengukuran terhadap nilai kinerja *throughput* Telkomsel dan Indosat yang didapat bahwa memiliki nilai prosentase *throughput* yang lebih baik pada waktu normal yaitu dengan rata-rata 26,22 % untuk Telkomsel dan 38,01 % untuk Indosat bila dibandingkan nilai prosentase *throughput* pada waktu sibuk yaitu dengan rata-rata 26,04 % untuk Telkomsel dan 35,99 % untuk Indosat. Hal ini pada waktu sibuk kemungkinan ada peningkatan interferensi yang dapat menurunkan kecepatan pengiriman frame-frame data pada waktu sibuk. Dengan mengacu pada standarisasi TIPHON pada gambar 4.5 bahwa nilai *throughput* pada operator Telkomsel dan Indosat memiliki nilai dalam kategori sedang dari jarak 100 meter sampai 500 meter pengukuran yaitu  $25 \leq Y \leq 50$  %. Dengan secara rata-rata *throughput* pada kedua operator berdasarkan waktu pengukuran, maka operator Indosat memiliki kinerja *throughput* yang lebih baik dari pada kinerja *throughput* operator Telkomsel dari waktu sibuk maupun waktu normal dimana disebabkan pengaruh terhadap indikasi rentangnya interferensi pada frekuensi yang sama dengan indentifikasi *active set* dan *monitored neighbor* pada frekuensi pakai dengan

UARFCN 10613 yaitu 2123 Mhz dan juga indentifikasi frekuensi lain dengan UARFCN 10638 dan 10668 yaitu 2128 Mhz dan 2134 Mhz yang terjadi pada suatu jaringan.



Gambar 4. 6 Perbandingan kinerja parameter *packet loss* berdasarkan waktu pengukuran

Pada Gambar 4.6 dapat diketahui bagaimana pengaruh waktu pengukuran terhadap nilai kinerja *packet loss* Telkomsel dan Indosat yang didapat memiliki nilai *packet loss* yang lebih baik pada waktu normal yaitu dengan rata-rata 3,85 % untuk Telkomsel dan 1,641 % bila dibandingkan nilai *packet loss* pada waktu sibuk yaitu dengan rata-rata 3,88 % untuk Telkomsel dan 1,642 % untuk Indosat. Dimana semakin kecil nilai *packet loss* suatu operator maka semakin baik kinerja jaringan pada waktu pengukuran. Hal ini pada waktu sibuk kemungkinan ada peningkatan terhadap interferensi yang dapat menurunkan kualitas jaringan yang menyebabkan meningkatnya nilai *bit error rate* dalam pengiriman frame-frame. Dengan mengacu standarisasi TIPHON pada Tabel 2.3 nilai *packet loss* pada operator Telkomsel memiliki nilai dalam kategori baik dari jarak pengukuran 100 meter sampai 500 meter yaitu  $3 \leq \rho < 15$  %, sedangkan operator Indosat memiliki nilai *packet loss* dalam kategori sangat baik dari jarak pengukuran 100 meter sampai 500 meter yaitu  $0 \leq \rho < 3$  %. Dengan secara rata-rata *packet loss* pada kedua operator berdasarkan waktu pengukuran, maka operator Indosat memiliki kinerja *packet loss* yang lebih baik dari pada kinerja *packet loss* operator Telkomsel dari waktu sibuk maupun waktu normal dimana disebabkan pengaruh terhadap indikasi rentangnya interferensi pada frekuensi yang sama dengan indentifikasi *active*

*set* dan *monitored neighbor* pada frekuensi pakai dengan UARFCN 10613 yaitu 2123 Mhz dan juga indentifikasi frekuensi lain dengan UARFCN 10638 dan 10668 yaitu 2128 Mhz dan 2134 Mhz yang terjadi pada suatu jaringan.