

PERENCANAAN JARINGAN METRO ETHERNET KOTA SURABAYA TAHUN 2028 DENGAN METODE PERAMALAN TRAFIK *RAPP'S* DAN PENGELOMPOKAN TRAFIK DENGAN METODE *TRAFFIC GROOMING*

Annisa Prita Sekarwangi^{*)}, Sukiswo dan Ajub Ajulian Zahra

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Sudharto,S.H., kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275 Indonesia

^{*)}E-mail: annisapritas@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan telekomunikasi meningkat pesat seiring dengan perkembangan teknologi dewasa ini. Tingginya permintaan akan penyediaan layanan telekomunikasi yang handal, penyedia layanan telekomunikasi dituntut untuk terus menyediakan infrastruktur layanan yang memadai bagi masyarakat. Metro Ethernet merupakan salah satu solusi yang dipilih dalam penyediaan layanan karena dapat dilakukan penambahan kapasitas dari waktu ke waktu. Disamping itu Kota Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia setelah Kota Jakarta, sehingga diperkirakan Kota Surabaya akan memiliki trafik yang sangat besar dimasa mendatang. Penelitian ini melakukan perencanaan jaringan backbone metro ethernet yang mampu mencukupi kebutuhan masyarakat Kota Surabaya pada tahun 2028 dengan metode peramalan trafik *Rapp's* dan pengelompokan trafik dengan *Traffic Grooming* untuk menentukan topologi jaringan optimal pada masa mendatang. Selanjutnya, dilakukan pendimensian kapasitas jaringan untuk memastikan seluruh link memiliki nilai utilisasi yang baik. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa volume trafik tahun 2028 tumbuh hingga 3 kali lipat trafik awal. Hasil rancangan topologi memiliki empat ring dengan tiga node penghubung yaitu node KBL, MNR dan RKT. Hasil pendimensian jaringan menunjukkan bahwa hasil rancangan jaringan memiliki nilai utilisasi yang baik yaitu antara 20% hingga 50%. Walaupun pada link LKS → KRP dan link LKS → KNN tidak didapatkan nilai utilisasi yang diharapkan, yaitu sebesar 1,68 % dan 3,27%.

Kata kunci: Metro Ethernet, Traffic Grooming, Rapp's Formula, Pendimensian Jaringan, Kota Surabaya.

Abstract

Nowadays, telecommunications needs are increasing rapidly along with the development of technology. telecommunications service providers are required to provide adequate service infrastructure for the community due to the high demand. Metro Ethernet is one of the solutions chosen in service provision because capacity can be increased easily. Besides, Surabaya is the second largest city in Indonesia after Jakarta, Surabaya is predicted to have very large traffic in the future. This Final Project is designing a metro ethernet backbone network that is able to meet the needs of Surabaya in 2028 with the traffic forecasting method *Rapp's Formula* and designing topology with *Traffic Grooming*. Furthermore, network capacity dimensioning is conducted to ensure all links have good utilization values. The results show that the traffic volume in 2028 grew up to 3 times from the initial traffic. The results of the topology design have four rings with three connecting nodes, KBL, MNR and RKT nodes. The results of network dimensioning show that the results of network design have a good utilization result between 20% and 50%. Although LKS to KRP link and LKS to KNN link results show not to obtain the expected utilization value, which is 1.68% and 3.27%.

Keywords: Metro Ethernet, Traffic Grooming, Rapp's Formula, Network Dimensioning. Surabaya

1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan teknologi dewasa ini, kebutuhan telekomunikasi masyarakat Indonesia berkembang dengan sangat pesat. Tidak dapat dipungkiri kebutuhan masyarakat akan aspek telekomunikasi menjadi salah satu kebutuhan terpenting dalam kehidupan. Sekor telekomunikasi hampir menyangga

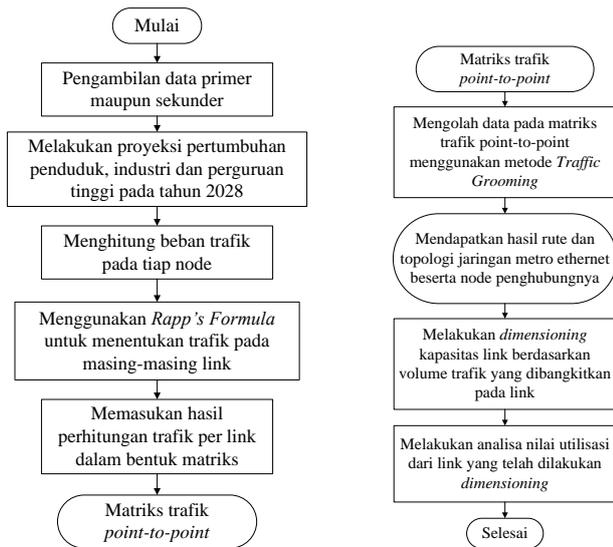
seluruh kegiatan masyarakat, sebut saja berbagai komoditas dagang, kelangsungan pemerintahan dan juga sektor hiburan. Apabila dalam suatu jaringan Metro Ethernet dibebani dengan trafik yang sangat banyak dan terus meningkat setiap waktunya, keandalan Jaringan Metro Ethernet pun dapat menurun, bahkan bisa jadi jaringan metro ethernet tersebut tidak mampu mengakomodir seluruh trafik yang dibangkitkan [1].

Sehingga diperlukan suatu perencanaan jaringan methero ethernet yang dapat digunakan untuk tahun-tahun mendatang sehingga penyediaan layanan telekomunikasi dapat dilakukan secara maksimal dan handal[2].

Penelitian ini akan berfokus pada perencanaan jaringan metro ethernet di Kota Surabaya meliputi peramalan trafik, perencanaan jaringan dan juga pendimensian jaringan di Kota Surabaya tahun 2028. Selain itu dilakukan analisa nilai utilisasi masing-masing link untuk mengetahui performansi dari masing-masing link untuk memastikan bahwa seluruh link yang digunakan dalam penyediaan layanan telekomunikasi di Kota Surabaya pada tahun 2028 memiliki performa yang baik dalam melayani permintaan layanan telekomunikasi dari masyarakat.

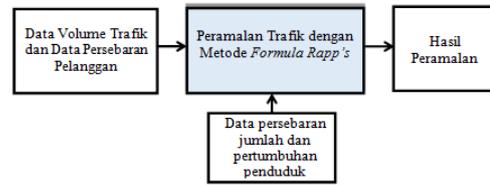
2. Metode

Perencanaan jaringan metro ethernet pada penelitian penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suatu jaringan metro ethernet kota Surabaya untuk memenuhi kebutuhan tahun 2028. Perencanaan ini tersusun atas beberapa tahap[3]. Tahap pertama adalah peramalan trafik, tahap kedua adalah perencanaan topologi dan tahap terakhir adalah pendimensian *link*. Dari rancangan tersebut, akan dilakukan analisis mengenai nilai utilisasi dari link yang telah dirancang. Volume trafik yang diramalkan akan dibebankan dan nilai utilisasi dari masing-masing link pada jaringan akan dianalisis untuk menentukan apakah jaringan tersebut telah memenuhi kriteria sebagai jaringan yang baik [4].



Gambar 1. Diagram Blok perencanaan jaringan metro ethernet Kota Surabaya tahun 2028.

2.1. Peramalan Trafik Kota Surabaya Tahun 2028



Gambar 2. Diagram Blok Peramalan Trafik.

Dalam penelitian ini dilakukan peramalan trafik pada beban penduduk, industri dan juga perguruan tinggi[6].

2.1.1. Peramalan Trafik Penduduk

Berikut ini merupakan contoh perhitungan peramalan trafik untuk *node link* KBL-RKT dengan menggunakan metode *Rapp's 1* [7][8][9].

$$\begin{aligned}
 & i = \text{Node KBL} \\
 & t = \text{Node RKT} \\
 & A_{ij}(0) = 178472 \text{ Mbps} \\
 & N_i(0) = 50.544 \text{ user} \qquad N_j(0) = 326.497 \text{ user} \\
 & N_j(12) = 72.697 \text{ user} \qquad N_j(12) = 126.882 \text{ user} \\
 & G_i = \frac{N_i(12)}{N_i(0)} = \frac{326.497}{50.544} \approx 6 \\
 & G_j = \frac{N_j(12)}{N_j(0)} = \frac{126.882}{72.697} \approx 2 \\
 & W_i = N_i(12) = 326497 \\
 & W_j = N_j(12) = 126882
 \end{aligned}$$

Dikerjakan dengan menggunakan rumus *Rapp's 2* akan didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 & W_i = N_i(12)^2 = 86.390.312.687 \\
 & W_j = N_j(12)^2 = 71.401.103.528 \\
 & \frac{N_i(0)^2}{2} = 164995 \qquad \frac{N_j(0)^2}{2} = 158517 \\
 & \text{Trafik 2028} = A_{ij}(0) \times \left\{ \frac{(N_i(12)^2 \times G_i) + (N_j(12)^2 \times G_j)}{N_i(12)^2 + N_j(12)^2} \right\} \\
 & = 1042475 \text{ Mbps}
 \end{aligned}$$

2.1.2. Peramalan Trafik Industri

Peramalan kebutuhan trafik *point to point* industri besar dan sedang *node TDS*→*KLA* dihitung dengan metode *Rapp's 2*, berikut ini merupakan perhitungan trafik point to point untuk industri besar dan sedang:

- Trafik *point to point* *TDS*→*KLA* untuk industri besar
 - $i = \text{Node TDS}$
 - $t = \text{Node KLA}$
 - $N_i = \text{Jumlah industri besar node TDS}$
 - $N_j = \text{Jumlah industri besar node KLA}$

$$\begin{aligned}
 & A_{ij}(0) = 80 \text{ Mbps} \\
 & N_i(0) = 21 \qquad N_i(12) = 22 \\
 & N_j(0) = 45 \qquad N_j(12) = 46 \\
 & G_i = \frac{N_i(12)}{N_i(0)} = \frac{22}{21} = 1,032 \\
 & G_j = \frac{N_j(12)}{N_j(0)} = \frac{46}{45} = 1,032 \\
 & N_i(12)^2 = 469.95 \qquad N_j(12)^2 = 2157.93
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{N_i(0)^2}{2} = 21.34 \qquad \frac{N_j(0)^2}{2} = 45.73
 \end{aligned}$$

$$\text{Trafik 2028} = A_{ij}(0) \times \left\{ \frac{(N_i(12)^2 \times G_i) + (N_j(12)^2 \times G_j)}{N_i(12)^2 + N_j(12)^2} \right\}$$

$$= 8241 \text{ Mbps}$$

- Trafik point to point TDS-KLA untuk industri sedang
 $i = \text{Node TDS}$
 $t = \text{Node KLA}$
 $N_i = \text{Jumlah industri sedang node TDS}$
 $N_j = \text{Jumlah industri sedang node KLA}$

$$A_{ij}(0) = 116 \text{ Mbps}$$

$$\begin{aligned} N_i(0) &= 33 & N_i(12) &= 34 \\ N_j(0) &= 28 & N_j(12) &= 29 \\ G_i &= \frac{N_i(12)}{N_i(0)} = \frac{34}{33} = 1,03 & G_j &= \frac{N_j(12)}{N_j(0)} = \frac{46}{45} = 1,03 \\ N_i(12)^2 &= 1156,144 & N_j(12)^2 &= 832,339 \\ \frac{N_i(0)^2}{2} &= 35,5 & \frac{N_j(0)^2}{2} &= 28,425 \end{aligned}$$

$$\text{Trafik 2028} = A_{ij}(0) \times \left\{ \frac{(N_i(12)^2 \times G_i) + (N_j(12)^2 \times G_j)}{N_i(12)^2 + N_j(12)^2} \right\}$$

$$= 119083 \text{ Mbps}$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa trafik point to point *node* TDS-KLA adalah 8241Mbps untuk industry besar dan 119.083 Mbps untuk industri sedang.

2.1.3. Peramalan Trafik Pendidikan Tinggi

Menurut hasil penelitian yang pada kampus UMY [5] jumlah maksimum user pengguna jaringan wifi berjumlah 3986 orang pada hari kerja sedangkan 2383 orang pada hari libur. Rata-rata pengguna ini adalah sekitar 3185 orang. Dengan menggunakan *bandwidth calculator* diketahui bahwa dengan jumlah pengguna 3185 orang volume trafik yang dibutuhkan adalah sekitar 4.550 Mbps. Berikut merupakan perhitungan trafik *point to point* untuk *link* TDS → KLA tahun 2028.

Keterangan:

$i = \text{Node TDS}$

$t = \text{Node KLA}$

$N_i = \text{Jumlah industri sedang node TDS}$

$N_j = \text{Jumlah industri sedang node KLA}$

$$A_{ij}(0) = 327 \text{ Mbps}$$

$$\begin{aligned} N_i(0) &= 4 & N_i(12) &= 6 \\ N_j(0) &= 2 & N_j(12) &= 3 \\ G_i &= \frac{N_i(12)}{N_i(0)} = \frac{6}{4} = 1,511 & G_j &= \frac{N_j(12)}{N_j(0)} = \frac{3}{2} = 1,511 \\ N_i(12)^2 &= 36,530 & N_j(12)^2 &= 9,132 \\ \frac{N_i(0)^2}{2} &= 5,022 & \frac{N_j(0)^2}{2} &= 2,511 \end{aligned}$$

$$\text{Trafik 2028} = A_{ij}(0) \times \left\{ \frac{(N_i(12)^2 \times G_i) + (N_j(12)^2 \times G_j)}{N_i(12)^2 + N_j(12)^2} \right\}$$

$$= 495 \text{ Mbps}$$

Dari perhitungan dapat diketahui bahwa trafik point to point *node* TDS-KLA tahun 2028 sebesar 495 Mbps.

2.2. Perancangan Topologi Jaringan



Gambar 3. Diagram Perancangan Topologi.

2.2.1. Pengurutan Trafik

Pada langkah pertama, trafik dikelompokkan berdasarkan trafik dua arah dan bukan satu arah. Matriks trafik dua arah dan setelah diurutkan terlihat bahwa terdapat 120 trafik dengan nilai yang berbeda, selanjutnya 120 trafik tersebut akan dibagi menjadi 4 ring.

2.2.2. Pembagian Cluster

Pembagian cluster ditujukan untuk membagi seluruh *node* yang ada kedalam cluster atau ring yang telah ditentukan. Jumlah ring yang ditentukan tergantung dengan kebutuhan dari masing-masing jaringan itu sendiri. Pada penelitian ini seluruh jaringan dibagi menjadi empat ring, didasarkan bahwa pada metro ethernet maksimal hanya terdapat 5 *node*..

- Cluster 1

Tabel 1. Pembagian trafik 2028 pada Cluster 1.

No.	Node	Trafik (Mbps)
1	KBL RKT	1391518
2	KRP LKS	158367
3	MNR RKT	141519
4	LKS KNN	135002
5	MNR KTT	127349
6	KBL KNN	122450
7	KRP RKT	110418
8	KBL GUB	95451
9	DMO RKT	77708
10	KJR RKT	75867
11	KBL MGO	74018
12	DMO MNR	67580
13	KBL TDS	66517
14	RKT IJK	64940
15	RKT KTT	64778
16	KBL MNR	60409
17	KJR MNR	58507
18	KBL KPS	57374
19	MNR MGO	53594
20	KLA RKT	51938
21	MNR KNN	51494
22	KJR MGO	49581
23	KBL KTT	47922
24	KBL KLA	47695
25	JGR RKT	44050
26	KPS MGO	42742
27	KJR KPS	42445
28	MNR IJK	42053
29	DMO KTT	41237
30	IJK KTT	41124
Total		3505646

2.2.3. Analisa Kemunculan Node & Pembentukan Ring

Node dengan volume trafik yang paling kecil dikelompokkan menjadi satu. Salah satu indikator bahwa cluster ini memiliki nilai trafik paling kecil adalah karena cluster ini mengelompokkan trafik dengan urutan volume link trafik no. 91 hingga no.120 atau link dengan urutan terkecil. Sedangkan rekapitulasi frekuensi kemunculan node ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Frekuensi kemunculan masing-masing node.

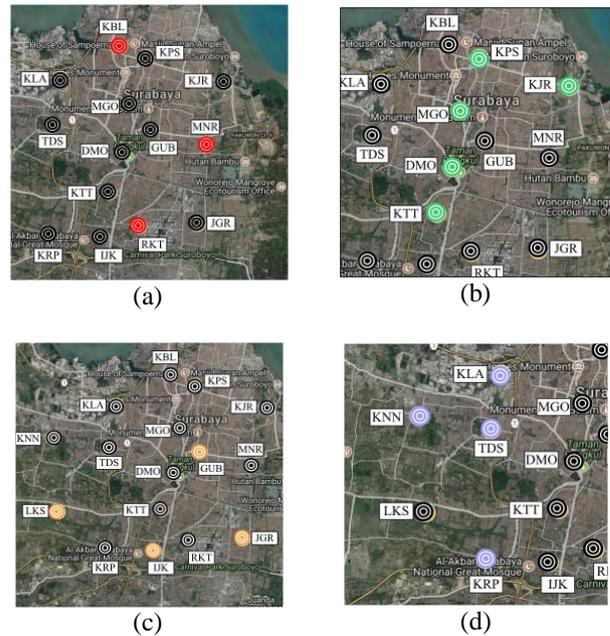
	RING 1	RING 2	RING 3	RING 4
KBL	9	KBL 4	KBL 2	KBL 0
TDS	1	TDS 1	TDS 3	TDS 10
KJR	4	KJR 6	KJR 2	KJR 3
KPS	3	KPS 4	KPS 5	KPS 3
KRP	2	KRP 0	KRP 3	KRP 10
JGR	1	JGR 5	JGR 6	JGR 3
RKT	9	RKT 4	RKT 2	RKT 0
DMO	3	DMO 7	DMO 3	DMO 2
IJK	3	IJK 2	IJK 7	IJK 3
MGO	4	MGO 5	MGO 4	MGO 2
GUB	1	GUB 5	GUB 6	GUB 3
KTT	5	KTT 5	KTT 3	KTT 2
KLA	2	KLA 0	KLA 0	KLA 13
LKS	2	LKS 3	LKS 8	LKS 2
MNR	8	MNR 5	MNR 1	MNR 1
KNN	3	KNN 4	KNN 5	KNN 3

Tabel 2 menunjukkan node yang memiliki frekuensi kemunculan terbanyak diantara semua cluster. Node dengan warna biru dipilih menjadi node yang akan digunakan pada cluster karena memiliki frekuensi kemunculan terbesar. Namun tentunya terdapat penyesuaian link, seperti pada Cluster 3 dimana node KPS seharusnya memiliki frekuensi kemunculan terbesar, namun dikarenakan pada cluster ke-3 memiliki node lebih dari lima, maka node dengan frekuensi kemunculan paling sedikit diantara node lain di cluster tersebut akan dipindahkan ke cluster yang memiliki frekuensi kemunculan terbanyak kedua.

Sehingga dari pengelompokan node-node tersebut tersebut, dapat diketahui bahwa ring yang dimiliki oleh rancangan jaringan metro ethernet adalah sebagai berikut:

- Ring 1 : node KBL, node RKT & node MNR
- Ring 2 : node KJR, node KPS, node DMO, node MGO & node KTT
- Ring 3 : node JGR, node IJK, node GUB & node LKS
- Ring 4 : node TDS, node KRP, node KLA & node KNN

Berikut ini merupakan visualisasi hasil perencanaan node pada masing-masing ring pada jaringan metro ethernet Kota Surabaya.



Gambar 4. Hasil pembagian node kedalam masing-masing ring (a) Ring 1, (b) Ring 2, (c) Ring 3, (d) Ring 4.

2.2.4. Penentuan Route

Dari subbab b diatas, dapat kita ketahui ring yang dimiliki oleh jaringan metro ethernet dalam penelitian ini. Sehingga, langkah berikutnya adalah menentukan rute yang akan dipilih untuk menghubungkan tiap node. Bukan hanya itu, perlu dilakukan pemilihan node yang digunakan sebagai penghubung antar ring.

Tabel 3. Link yang memungkinkan pada tiap-tiap ring.

Ring	Node		Trafik (Mbps)
	Asal	Tujuan	
Ring 1	KBL	MNR	60409
	KBL	RKT	1391518
	MNR	RKT	141519
Ring 2	KJR	KPS	42445
	KJR	DMO	31699
	KJR	MGO	29391
	KJR	KTT	29391
	KPS	DMO	30858
	KPS	MGO	42742
	KPS	KTT	21991
	DMO	MGO	27236
Ring 3	DMO	KTT	41237
	MGO	KTT	40943
	JGR	IJK	18299
	JGR	GUB	16669
	JGR	LKS	20408
	IJK	GUB	19546
Ring 4	IJK	LKS	22965
	GUB	LKS	23306
	TDS	KRP	4062
	TDS	KLA	7483
	TDS	KNN	9405
	KRP	KLA	6187
Ring 4	KRP	KNN	11313
	KLA	KNN	7436

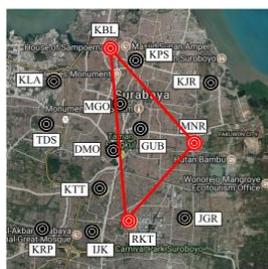
Tabel 3 menjabarkan seluruh kemungkinan rute yang dapat dibuat. Hal ini sesuai dengan algoritma heuristik yang diterapkan dimana algoritma ini membuat seluruh kemungkinan yang ada untuk selanjutnya dipilih solusi yang terbaik. Rute yang dipilih adalah rute dengan volume trafik pada *link* yang terbesar. Hal ini untuk mengantisipasi *link* kecil yang terbebani dengan trafik yang terlampaui besar.

Tabel 4. Prioritas urutan link berdasarkan volume trafik.

Ring	Asal	Node Tujuan	Trafik (Mbps)	Prioritas
Ring 1	KBL	RKT	1391518	1
	MNR	RKT	141519	2
	KBL	MNR	60409	3
Ring 2	KPS	MGO	42742	1
	KJR	KPS	42445	2
	DMO	KTT	41237	3
	MGO	KTT	40943	4
	KJR	DMO	31699	5
	KPS	DMO	30858	6
	KJR	MGO	29391	7
	KJR	KTT	29391	8
	DMO	MGO	27236	9
	KPS	KTT	21991	10
Ring 3	GUB	LKS	23306	1
	IJK	LKS	22965	2
	JGR	LKS	20408	3
	IJK	GUB	19546	4
	JGR	IJK	18299	5
Ring 4	JGR	GUB	16669	6
	KRP	KNN	11313	1
	TDS	KNN	9405	2
	TDS	KLA	7483	3
	KLA	KNN	7436	4
	KRP	KLA	6187	5
TDS	KRP	4062	6	

Tabel 4. menunjukkan rute dengan urutan prioritas trafik terbesar. Sewajarnya, *link* yang dipilih adalah *link* dengan trafik terbesar, namun dalam kenyataannya tidak semua *link* terbesar dapat dipilih, hal ini dikarenakan *node* atau *link* tersebut telah tersambung sebelumnya. Sehingga dari uraian diatas didapatkan rute sebagai berikut:

- Ring 1 : KBL ↔ RKT ↔ MNR ↔ KBL
- Ring 2 : KPS ↔ KJR ↔ KTT ↔ DMO ↔ MGO ↔ KPS
- Ring 3 : LKS ↔ GUB ↔ JGR ↔ IJK ↔ LKS
- Ring 4 : KNN ↔ KLA ↔ TDS ↔ KRP ↔ KNN



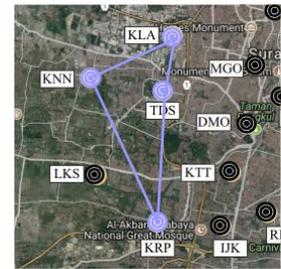
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 5. Hasil penentuan rute masing-masing ring (a) Ring 1, (b) Ring 2, (c) Ring 3, (d) Ring 4.

Selanjutnya perlu dilakukan penentuan *node* penghubung dari masing-masing ring. Pemilihan *node* penghubung dilakukan dengan mencari *node* dengan *link* penghubung yang memiliki trafik terbesar dengan tujuan *link* dengan trafik yang besar tersebut dapat terhubung secara langsung.

2.2.5. Penentuan Node Konektor

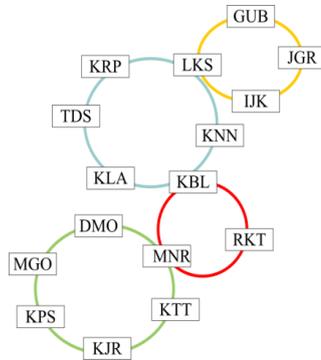
Selanjutnya trafik dengan nilai terbesar pada masing-masing penghubung ring dikelompokkan kembali untuk dipilih berdasarkan volume trafiknya. Nilai total trafik dari masing-masing *link* penghubung ring dapat dilihat pada tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Node penghubung dengan trafik terbesar.

Ring	Link 1	Link 2	Trafik Link 1 (Mbps)	Trafik Link 2 (Mbps)	Total Trafik (Mbps)
Ring 1 dan Ring 2 / Ring 2 & dan Ring 1	MNR ↔ DMO	MNR ↔ KTT	67580	127349	194929
Ring 1 dan Ring 3 / Ring 3 & dan Ring 1	KBL ↔ GUB	KBL ↔ JGR	95451	31325	126776
Ring 1 dan Ring 4 / Ring 4 & dan Ring 1	KBL ↔ KLA	KBL ↔ KNN	47695	122450	170145
Ring 2 dan Ring 3 / Ring 3 & dan Ring 3	KJR ↔ LKS	KJR ↔ IJK	158367	10607	168973
Ring 2 dan Ring 4 / Ring 4 & dan Ring 2	KTT ↔ KNN	KTT ↔ KRP	36844	14072	50917
Ring 3 dan Ring 4 / Ring 4 & dan Ring 3	LKS ↔ KNN	LKS ↔ KRP	135002	158367	293368

Dari tabel 5 dapat diketahui bahwa *link* penghubung dengan trafik terbesar dimiliki oleh *link* LKS ↔ KNN + LKS ↔ KRP yang menghubungkan ring 3 dan ring 4 atau sebaliknya dengan trafik sebesar 293368 Mbps. Selanjutnya ring penghubung terbesar kedua adalah *link* MNR ↔ DMO + MNR ↔ KTT yang menghubungkan ring 1 dan ring 2, dan *link* terbesar ketiga adalah *link* KBL ↔ KLA + KBL ↔ KNN yang menghubungkan ring 1 dan ring ke-3. Dengan terhubungnya semua ring melalui *node* penghubung, maka seluruh perancangan topologi

telah selesai dilakukan, dan didapatkan node penghubung dan hasil perencanaan topologi ring pada jaringan metro ethernet Kota Surabaya tahun 2028 yang diilustrasikan seperti pada gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Hasil perencanaan topologi jaringan metro ethernet Kota Surabaya tahun 2028 .

2.3. Pendimensionian Link

Dalam penelitian ini dengan mengacu pada satandar yang ditetapkan oleh Operator A, utilisasi *link* dijaga agar tidak melebihi 50% [4]. Berikut ini merupakan contoh perhitungan dimensioning kapasitas *link* yang ada pada *link* JGR ↔ GUB.

- Traffic in JGR ↔ GUB = 8.334 Mbps
- Traffic out JGR ↔ GUB = 8.334 Mbps

Dijaga agar utilisasi kapasitas *link* 50%

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas link minimum} &= \frac{\text{volume trafik terbesar}}{50\%} \\ &= \frac{8.334}{50\%} \\ &= 16.668 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

Kapasitas *link* yang memungkinkan

$$\begin{aligned} &= 2 \times 10 \text{ Gbps link} \\ &= 20 \text{ Gbps} \end{aligned}$$

Sehingga utilisasi yang dimiliki oleh *link* JGR ↔ GUB adalah:

- Utilisasi Trafik in JGR ↔ GUB = $\frac{8.334 \text{ Gbps}}{20 \text{ Gbps}} = 41,67 \%$
- Utilisasi Trafik out JGR ↔ GUB = $\frac{8.334 \text{ Gbps}}{20 \text{ Gbps}} = 41,67 \%$

Selanjutnya lakukan langkah yang sama untuk melakukan pendimensionian kapasitas pada *link-link* lainnya. Pada penelitian ini diharapkan nilai utiisasi dari masing-masing *link* berkisar pada nilai 50%. Nilai utilisasi 50% merupakan standar Operator A. Selain itu dengan nilai utilisasi 50% jaringan mampu tetap bekerja dengan baik apabila terjadi lonjakan trafik pada busy hour, dan juga tetap menghemat *cost*.

3. Hasil dan Analisis

Pada bagian ini, akan dijabarkan hasil perhitungan peramalan trafik. Selain itu akan dilakukan analisa terhadap hasil peramalan yang didapatkan.

3.1. Peramalan Trafik

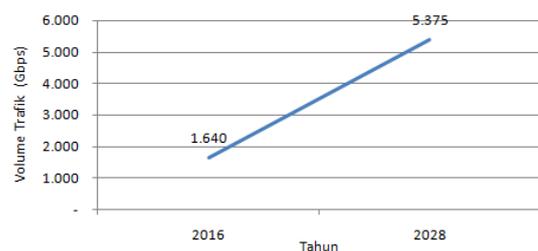
Hasil peramalan trafik ditunjukkan pada trafik pada gambar 7 berikut ini.

	KBL	KLA	TDS	DMO	KJR	MNR	KPS	KRP	JGR	RKT	IJK	MGO	GUB	KTT	LKS	KNN
KBL	-	23809	33170	18382	13713	30205	28721	7326	15675	893086	13412	37034	51215	23857	10577	63105
KLA	23836	-	2443	6070	6256	7130	5358	3110	3285	26091	4036	3099	2927	5821	4698	3732
TDS	33347	5039	-	19217	4024	14957	2550	2110	4097	8566	3694	5684	3897	10579	3021	4866
DMO	18388	6070	4708	-	16010	33844	15429	7250	14817	39545	13403	13739	16892	20969	11644	14696
KJR	13701	6142	3703	15689	-	29253	20829	6563	14116	41518	11931	24791	16342	17434	9139	13599
MNR	30204	7123	14848	33736	29253	-	19121	10214	20179	70731	21027	28797	19333	63674	19876	25747
KPS	28653	5358	2550	15429	21615	19121	-	6138	12044	16906	10559	21371	14303	10995	9194	11021
KRP	7301	3077	1952	7093	6563	10214	6138	-	5787	54718	5303	8941	6232	7036	153341	5656
JGR	15650	3222	3695	14416	14116	20179	12044	5787	-	22026	9149	10931	8334	14769	10204	8942
RKT	698432	25847	7228	38163	34349	70788	16906	57700	22024	-	36993	14335	11311	32389	15796	14979
IJK	13412	4039	3651	13359	11931	21027	10559	5303	9149	27947	-	13941	9773	19640	8714	9417
MGO	36984	3073	5443	13496	24791	26797	21371	8941	10931	14335	13941	-	11189	20471	17487	12126
GUB	44235	2924	3842	16837	16342	18869	14303	6232	8334	11311	9773	11189	-	14055	11653	8902
KTT	24065	5767	9879	20268	11957	63674	10995	7036	14769	32389	21484	20471	14055	-	12346	18422
LKS	10569	4673	2807	11430	9139	19876	9194	5025	10204	15796	14251	17487	11653	12346	-	9796
KNN	10545	3703	4539	14370	13599	25747	11021	5656	8942	14979	9417	12126	8902	18422	125206	-
Total	2450214	111233	107314	262.88	276190	534914	217741	204378	197082	1439898	274213	255335	215147	336715	459.58	235002

Gambar 7. Matriks Trafik jaringan metro ethernet Kota Surabaya tahun 2028 .

Hasil peramalan trafik terbanyak disumbang oleh perseorangan dan perguruan tinggi pada tahun 2028 dengan metode Rapp's seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.4 diketahui bahwa total trafik yang berasal dari perguruan tinggi pada tahun 2028 diperkirakan cukup besar. Trafik pada perguruan tinggi bahkan melebihi peramalan trafik industri sedang dan industri besar. Hal ini dikarenakan perguruan tinggi memiliki banyak user yang harus dilayani. Telihat pula terdapat link dengan nilai nol, hal ini dikarenakan pada tahun 2028 atau tahun ke-0 tidak terdapat universitas yang dicakup oleh node tersebut, sehingga tidak terdapat trafik yang dibangkitkan.

Pertumbuhan Trafik Kota Surabaya



Gambar 8. Matriks trafik satu arah Kota Surabaya tahun 2028.

Gambar 8 menunjukkan pertumbuhan trafik kota surabaya pada tahun 2016 hingga 2028. Dimana pada grafik tersebut terlihat pertumbuhan trafik kota surabaya pada tahun 2028 yang mencapai 328% dari trafik tahun 2016 apabila seluruh link digunakan dalam perancangan. Pada tahun 2016 trafik yang mengalir mencapai 1640 Gbps sedangkan pada tahun 2028 trafik yang mengalir adalah sebesar 53.75 Gbps.

3.2. Perancangan Topologi

Dengan terhubungnya semua ring melalui *node* penghubung, maka seluruh perancangan topologi telah selesai dilakukan, dan didapatkan node penghubung seperti yang ditunjukkan pada gambar 9 dan hasil perencanaan topologi ring pada jaringan metro ethernet Kota Surabaya tahun 2028 yang diilustrasikan seperti pada gambar



Gambar 9. Hasil perencanaan topologi jaringan metro ethernet Kota Surabaya tahun 2028 dengan *Traffic Grooming*.

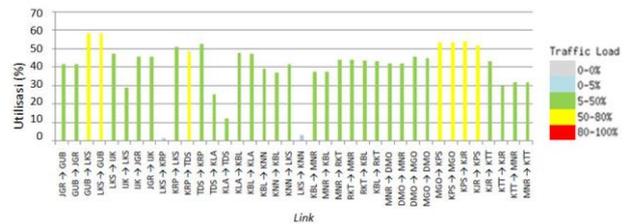
3.3. Kapasitas Jaringan

Dalam perencanaan jaringan menggunakan metode *Traffic Grooming*, nilai utilisasi pada *link* merupakan parameter yang sangat penting. Hal ini karena, metode trafik grooming menitikberatkan perencanaan pada nilai volume trafik, sehingga nantinya nilai utilisasi pada *link* memiliki nilai yang baik. Berikut ini merupakan hasil pendimensian masing-masing *link*.

Tabel 6. Nilai utilisasi akhir masing-masing *link*.

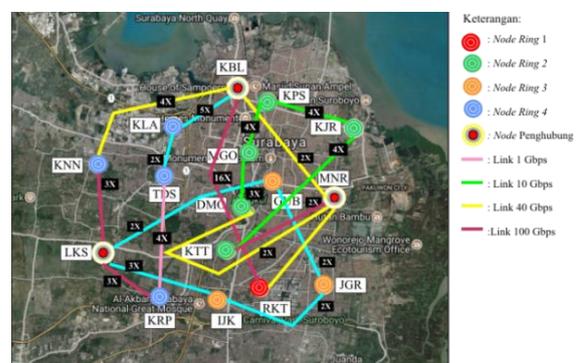
No	Node		Traffic (Gbps)		Total Kapasitas Link (Gbps)	Utilisasi Akhir	
	Asal	Tujuan	In	Out		In	Out
1	JGR	GUB	8.334	8.334	20	41,67%	41,67%
2	GUB	LKS	11.653	11.653	20	58,27%	58,27%
3	LKS	IJK	14.251	8.714	30	47,50%	29,05%
4	IJK	JGR	9.149	9.149	20	45,75%	45,75%
5	LKS	KRP	5.025	153.341	300	1,68%	51,11%
6	KRP	TDS	1.952	2.110	4	48,81%	52,75%
7	TDS	KLA	5.039	2.443	20	25,20%	12,22%
8	KLA	KBL	23.886	23.809	50	47,77%	47,62%
9	KBL	KNN	63.105	59.345	160	39,44%	37,09%
10	KNN	LKS	125.206	9.796	300	41,74%	3,27%
11	KBL	MNR	30.205	30.204	80	37,76%	37,75%
12	MNR	RKT	70.731	70.788	160	44,21%	44,24%
13	RKT	KBL	698.432	693.086	1600	43,65%	43,32%
14	MNR	DMO	33.736	33.844	80	42,17%	42,31%
15	DMO	MGO	13.739	13.496	30	45,80%	44,99%
16	MGO	KPS	21.371	21.371	40	53,43%	53,43%
17	KPS	KJR	21.615	20.829	40	54,04%	52,07%
18	KJR	KTT	17.434	11.957	40	43,59%	29,89%
19	KTT	MNR	63.674	63.674	200	31,84%	31,84%

Dari tabel 6 diatas terlihat bahwa masing-masing *link* memiliki nilai utilisasi yang berbeda-beda satu sama lain. Sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Operator A, berikut ini merupakan Grafik nilai utilisasi setiap *link* dari hasil *dimensioning*.



Gambar 10 Grafik nilai utilisasi setiap *link* dari hasil *dimensioning*.

Dari gambar 10 terlihat bahwa hasil nilai utilisasi masing-masing *link* sangat bervariasi dan tidak berada dalam tingkatan performansi yang sama. Hal ini dikarenakan nilai trafik yang berbeda-beda dan kapasitas *link* tersedia dalam ukuran tertentu sehingga tidak dapat dilakukan perencanaan sesuai dengan nilai kapasitas yang diharapkan. Selain itu terdapat pula *link* yang memiliki nilai utilisasi trafik keluar dan nilai trafik yang masuk yang sangat berbeda. Hal ini dikarenakan pada saat pengambilan data, *link* tersebut merupakan *link* yang baru saja digunakan atau diuji coba sehingga hanya memiliki trafik dengan nilai yang kecil., selain itu perbedaan nilai trafik in dan out yang berbeda menyebabkan hal ini terjadi karena trafik yang datang dan trafik yang meninggalkan *link* memiliki nilai yang berbeda. Selain itu pada beberapa *link* terdapat nilai utilisasi yang kurang baik yaitu pada *link* LKS → KRP dimana nilai utilisasi *link* in pada *link* tersebut sangatlah kecil yaitu sebesar 1,68% dan pada *link* LKS → KRP sebesar 3,27%. Hal ini dimungkinkan terjadi karena ketika pengambilan data, *link* tersebut sedang dilakukan pemeliharaan atau tengah rusak, dan bisa jadi *link* tersebut merupakan ring yang baru saja dioperasikan sehingga belum memiliki trafik yang besar. Gambar 11 menunjukkan hasil akhir perencanaan jaringan metro ethernet Kota Surabaya tahun 2028 beserta *link* yang digunakan.



Gambar 11 Hasil perencanaan jaringan Metro Ethernet Kota Surabaya tahun 2028.

Dari gambar 11 terlihat bahwa link dengan kapasitas total terkecil dimiliki oleh link KRP ↔ TDS dengan kapasitas total sebesar 4 Gbps link yang terdiri atas 4 link 1 Gbps. Sedangkan link dengan kapasitas terbesar dimiliki oleh link RKT ↔ KBL dimana link tersebut memiliki kapasitas total sebesar 1,6 Tbps yang terdiri atas 16 link 100 Gbps. Diprediksi pada tahun 2028 Teknologi Metro Ethernet di Kota Surabaya masih menggunakan berbagai link dengan kapasitas yang berbeda-beda.

4. Kesimpulan

Hasil perencanaan jaringan metro ethernet di kota surabaya tahun 2028 memiliki trafik sebesar 5.375 Gbps atau 5,3 Tbps dan terjadi pertumbuhan trafik sebesar 328% dari volume trafik tahun 2016 yang berkisar pada 1.640 Gbps atau sekitar 1,6 Tbps. Hasil *traffic grooming* pada perencanaan ini dibagi menjadi 4 ring, ring pertama merupakan ring dengan trafik paling besar terdiri atas *node* KBL, *node* RKT dan *node* MNR. Ring kedua terdiri atas *node* KJR, *node* KPS, *node* DMO, *node* MGO & *node* KTT. Ring ketiga terdiri atas *node* JGR, *node* IJK, *node* GUB & *node* LKS dan ring terakhir atau ring empat terdiri atas *node* TDS, *node* KRP, *node* KLA & *node* KNN. Hasil perencanaan topologi dengan *traffic grooming*, terdapat tiga *node* yang menjadi *node* penghubung antar *ring*. *Node* KBL menghubungkan *ring* 1 dan *ring* 4, *node* MNR sebagai penghubung *node* 1 dan 2, dan *node* LKS sebagai penghubung *ring* 3 dan *ring* 4. Dalam pendimensionan *link*, *link* KBL RKT memiliki kapasitas *link* terbesar dengan alokasi kapasitas *link* sebesar 1600 Gbps atau 1,6 Tbps. Sedangkan *link* dengan kapasitas *link* paling kecil adalah *link* LKS KRP dengan kapasitas *link* sebesar 4 Gbps. Mayoritas ring pada perencanaan penelitian ini memiliki nilai utilisasi pada kisaran 50-60% hal ini telah sesuai dengan harapan awal dimana nilai utilisasi masing-masing *link* diharapkan berada pada nilai 50% hingga 60%. Namun terdapat nilai utilisasi yang kurang baik pada *link* LKS → KRP, dimana nilai utilisasi pada *link* tersebut bernilai 1,68% dan pada *link* KNN → LKS, dimana nilai utilisasi dari *link* tersebut adalah sebesar 3,27%. Hal ini dapat terjadi karena saat pengambilan data *link* tersebut tengah dilakukan perbaikan atau *link* tersebut merupakan *link* yang baru saja dioperasikan.

Referensi

- [1]. F.A. Kurniawan, Sukiswo, dan I. Santoso. *Traffic Grooming Pada Jaringan Ring SONET DWDM*. Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, 2011.
- [2]. S. Y. Pratama. *Analisis Performansi Link Pada Jaringan Metro Ethernet Regional Jawa Tengah Menggunakan Simulator Opnet 14.5*. Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, 2017.
- [3]. S. N. Hertiana, *Modul Rekayasa Trafik Telekomunikasi*. Institut Teknologi Telkom Bandung, 2009.
- [4]. D. T. Putri, T. Juhana, dan S. Haryadi. *DWDM System Design: DIY-Semarang –Surakarta Ring*. Penelitian Jurusan Teknik Telekomunikasi Institut Teknologi Bandung, 2016.
- [5]. S. T. Manggala, A.N.N. Chamim, I. Surahmat. *Analisis Trafik Penggunaan Jaringan Wifi Di Lingkungan Kampus Terpadu UMY*. Penelitian Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2017.
- [6]. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. “*Buku 1 Perkembangan Pendidikan Tinggi Tahun 1999/2000-2013/2014 Pusat Data Dan Statistic Pendidikan Dan Kebudayaan*”. Jakarta, 2015.
- [7]. BPS Kota Surabaya. “*Kota Surabaya dalam Angka 2015*”, 2015.
- [8]. BPS Kota Surabaya. “*Kota Surabaya dalam Angka 2016*”, 2016.
- [9]. BPS Kota Surabaya. “*Kota Surabaya dalam Angka 2017*”, 2017.
- [10]. Badan Perencanaan Pembangunan Nasional dan Badan Pusat Statistik. “*Proyeksi Penduduk Indonesia 2010-2035*”. Jakarta, 2013.
- [11]. BPS Kota Surabaya. “*Data Statistik Dasar Banyaknya Industri Besar Sedang dan Tenaga Kerja Dirinci menurut Golongan Industri 2005-2014*”. Surabaya, 2015.