

PERENCANAAN JARINGAN METRO ETHERNET WILAYAH DKI JAKARTA TAHUN 2028 DENGAN TOPOLOGI MULTRING DAN KAPASITAS 100Gbps

Aditya^{*)}, Sukiswo, dan Ajub Ajulian Zahra

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)E-mail: adityair19@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 DKI Jakarta merupakan kota terbesar di Indonesia, sehingga diperkirakan DKI Jakarta akan memiliki trafik yang sangat besar dimasa mendatang. Penelitian ini melakukan perencanaan jaringan backbone metro ethernet yang mampu mencukupi kebutuhan masyarakat Wilayah DKI Jakarta pada tahun 2028 dengan menggunakan metode prakiraan jumlah penduduk berdasarkan deret geometri, perkiraan penggunaan data berdasarkan survey APJII, metode *Center Of Gravity* untuk melakukan peletakan node 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 rancangan topologi memiliki lima ring dengan tiga node penghubung yaitu node KGT, MDS, dan KRT. Hasil pendimensian jaringan menunjukkan bahwa hasil rancangan jaringan memiliki nilai utilisasi yang baik yaitu antara 45% sampai dengan 50%.

Kata kunci: Metro Ethernet, Traffic Grooming, Center Of gravity, Pendimensian Jaringan, DKI Jakarta.

Abstract

Telecommunications needs are increasing rapidly along with the development of technology today. The high demand for reliable telecommunication services, telecommunications service providers are required to continue to provide adequate service infrastructure for the community. Metro ethernet is one of the solutions chosen in the provision of services because additional capacity can be made from time to time. Besides that, DKI Jakarta is the largest city in Indonesia, so it is estimated that DKI Jakarta will have enormous traffic in the future. This Research is planning the metro ethernet backbone network that is able to meet the needs of the DKI Jakarta Region in 2028 by using population forecasting methods based on geometry series, estimated data usage based on the APJII survey, Center Of Gravity method to place nodes and group traffic with Traffic Grooming to determine the optimal network topology in the future. Furthermore, the network capacity dimensioning to ensure all links have good utilization values. The results of the topology design have five rings with three connecting nodes namely KGT, MDS, and KRT nodes. The results of network dimensioning show that the results of network design have a good utilization value that is between 45% and 50%.

Keywords: Metro Ethernet, Traffic Grooming, Center Of gravity, Network Dimensioning. DKI Jakarta

1. Pendahuluan

Dewasa ini permintaan penyediaan layanan telekomunikasi yang sangat besar memaksa penyedia jasa layanan telekomunikasi (network provider) untuk mengembangkan dan menyediakan layanan yang mumpuni dan dapat dinikmati secara luas oleh masyarakat. Disamping itu, DKI Jakarta merupakan provinsi terpadat dengan jumlah penduduk mencapai 10,37 juta orang [10] dan sekaligus wilayah yang menopang kegiatan ekonomi

terbesar di Indonesia. Berdasarkan data dari APJII [11], hampir semua golongan usia dari 10-70 tahun menggunakan layanan internet dengan penggunaan bandwidth yang beragam dan mencapai lebih dari 10 GB per bulan [12].

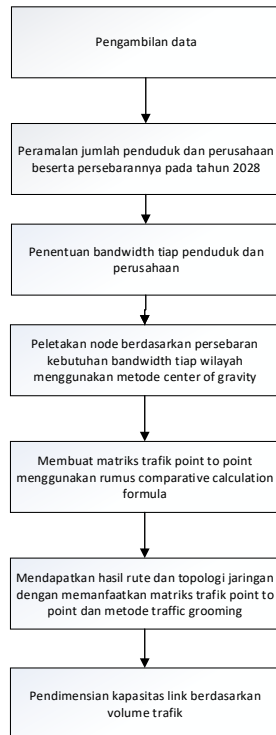
Metro Ethernet bekerja pada layer OSI 1, 2 dan 3 dan berdasarkan tren permintaan *bandwidth* jaringan yang ada, selalu terjadi kenaikan permintaan yang liner setiap bulannya [1]. Sayangnya dengan terus meningkatnya

penggunaan dan permintaan masyarakat, keandalan dari Metro Ethernet pun dapat menurun dan berdasarkan karakteristik jaringannya, sebagian besar *failure* jaringan yang terjadi terletak pada *patch chord* [2].

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini akan bertujuan pada penentuan lokasi node, penentuan topologi, dan pendimensian kapasitas jaringan sesuai dengan standar yang dimiliki.

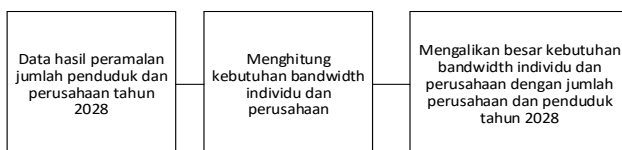
2. Metode

Perancangan jaringan *metro ethernet* pada penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suatu jaringan *metro ethernet* kota Jakarta untuk memenuhi kebutuhan tahun 2028. Perencanaan tidak mengikuti jaringan *metro ethernet* yang sudah ada (jaringan *existing*), tetapi membangun kembali dari awal berdasarkan tren penggunaan aplikasi dan kebutuhan penggunaan *bandwidth* internet untuk aplikasi yang terkait.



Gambar 1. Diagram Blok Perencanaan Jaringan Metro Ethernet Wilayah DKI Jakarta tahun 2028.

2.1. Perkiraan Jumlah Bandwidth



Gambar 2. Diagram Blok Perkiraan jumlah bandwidth

Dalam penelitian ini dilakukan perkiraan kebutuhan *bandwidth* pada penduduk dan perusahaan.

2.1.1. Bandwidth Perusahaan

Melihat tren perkembangan saat ini, untuk 10 tahun ke depan di tahun 2028 nilai *Bandwidth* 1 GBps dan 100 MBps diasumsikan merupakan kebutuhan minimal yang dibutuhkan perusahaan untuk dapat bekerja dengan optimal, karena pada tahun 2016 sendiri berdasarkan berita dari Masyarakat telekomunikasi Indonesia (MASTEL), PT. TELKOM INDONESIA telah melakukan percobaan memberikan layanan internet perusahaan up to 1 GBps [31]. Sebelumnya juga telah ada layanan internet up to 100MBps untuk perusahaan-perusahaan besar [31].

Tabel 1. Persebaran kebutuhan bandwidth perusahaan besar di tiap wilayah

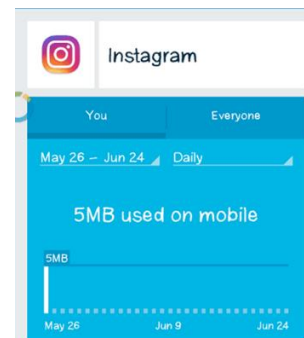
Jenis data	Besar atau jumlah
Jumlah perusahaan besar	8632
Jumlah kelurahan	128
Jumlah perusahaan per kelurahan	67
Bandwidth per kelurahan (GBps)	1
Bandwidth perusahaan per kelurahan (GBps)	67

Tabel 2. Persebaran kebutuhan bandwidth perusahaan menengah di tiap wilayah

Jenis data	Besar atau jumlah
Jumlah perusahaan menengah	70492
Jumlah kelurahan	128
Jumlah perusahaan per kelurahan	551
Bandwidth per kelurahan (GBps)	0,1
Bandwidth perusahaan per kelurahan (GBps)	55

2.1.2. Bandwidth Penduduk

Jenis layanan yang diasumsikan akan digunakan oleh masyarakat dan individu pada tahun 2028 ditentukan berdasarkan jenis layanan yang banyak digunakan oleh masyarakat sesuai dengan survey dari APJII (Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia). Perkiraan jumlah pemakaian data pada aplikasi juga disesuaikan dengan perkembangan teknologi yang ada.



Gambar 3. Contoh hasil penggunaan data aplikasi

Untuk menghitung penggunaan data yang digunakan oleh aplikasi seperti video, audio dan games diasumsikan aplikasi tersebut menggunakan standar kualitas tertinggi yaitu untuk video menggunakan standard 8K dan audio menggunakan standard 320 Kbps. Sementara untuk aplikasi games menggunakan standard penggunaan data untuk games sejenis mobile legend yang sedang populer sehingga penggunaan datanya tidak begitu besar.

1. Video

Untuk menghitung banyaknya data dalam streaming video, diasumsikan streaming yang akan dilakukan menggunakan format pemrosesan video yang digunakan oleh youtube untuk yaitu codec VP9. Untuk video dengan kualitas 8k dan menggunakan format codec VP9 dan waktu streaming selama 1 jam, besar bit rate yang digunakan adalah 21,3 Mbps.

Berikut cara perhitungannya:

$$\begin{aligned} \text{Total data} &= 3600 \times 21,3 \\ &= 76680 \text{ Mb} \\ &= 76680 / (1000 \times 8) = 9,585 \text{ GB} \end{aligned}$$

2. Audio

Pada perancangan ini akan digunakan format pengkodean audio Ogg Vorbis yang digunakan oleh spotify, dimana spotify adalah aplikasi streaming music dengan jumlah pengguna terbesar yaitu sebesar 75 juta [18]. Durasi streaming yang didengar setiap harinya ditentukan sebanyak 148 menit dengan besar penggunaan data per menit untuk kualitas streaming 320 Kbps sebesar 2,4 Mb.

Berikut contoh perhitungannya:

$$\text{Total data} = 2,4 \times 148 = 355,2 \text{ MB}$$

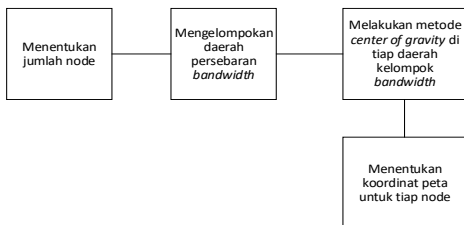
3. Games

Diasumsikan 10 tahun ke depan games yang populer cenderung mirip atau sejenis dengan games mobile legend yang tidak membutuhkan begitu banyak data yaitu untuk setiap 20 menit menggunakan sekitar 5,2 MB data.

Berikut contoh perhitungannya untuk 120 menit permainan

$$\text{Total data} = 120 / 2 \times 5,2 = 31,2 \text{ MB}$$

2.2. Peletakan Node



Gambar 4. Diagram Peletakan Node

2.2.1. Penentuan Jumlah Node

Jumlah node yang dibutuhkan bergantung dengan jumlah permintaan bandwidth dan kapasitas node yang digunakan,

yaitu dengan menggabungkan jumlah kebutuhan bandwidth beberapa kelurahan sampai dengan besar bandwidth $\leq 14,75$ Tbps atau dengan membagi nilai total kebutuhan bandwidth DKI Jakarta dengan 14,75 Tbps maka akan didapatkan sejumlah 15 node.

Seperti yang ditunjukkan pada sub bab sebelumnya, trafik atau bandwidth dibangkitkan dari perusahaan dan penduduk. Persebaran perusahaan mengikuti peta tata ruang DKI Jakarta tahun 2010-2030 [10].

2.2.2. Penentuan Daerah Persebaran Bandwidth

Pengelompokan daerah persebaran bandwidth agar bisa menjadi satu kelompok, dilakukan dengan menggabungkan daerah-daerah yang berdekatan hingga memenuhi total nilai bandwidth sesuai dengan kisaran yang sudah ditentukan sebelumnya. Berikut contoh daerah persebaran bandwidth daerah Node Kali Anyar:



Gambar 5. Peta Persebaran Bandwidth Daerah Node Kali anyar

Tabel 2. Persebaran Wilayah Node Kali Anyar

0	0	Jembatan besi	Duri Utara	Tanah Sereal	0
1/2 Jelambar	1/2 Grogol	Kali Anyar	Duri Selatan	Krukut	0
1/2 Jelambar	1/2 Grogol	1/2 Duri Pulo	1/2 Duri Pulo	Petojo Utara	Kebon Kelapa

Tabel 3. Persebaran Bandwidth Wilayah Node Kali Anyar

0	0	1160,66	1101,9	1169,00	0
582,186	540,321	1129,40	1114,69	1106,58	0
582,186	540,321	569,686	569,686	1133,33	1070,13

Besar trafik atau bandwidth yang dicakup oleh node kali anyar adalah sebesar 12401,2 Gbps.

2.2.3. Penentuan Lokasi Node

Setelah melakukan pengelompokan daerah bandwidth seperti pada tahap sebelumnya maka langkah selanjutnya adalah menentukan titik lokasi untuk menentukan daerah mana yang akan dijadikan tempat meletakkan node menggunakan metode Center Of Gravity. Dengan mengacu pada tabel 3, berikut Contoh pengerjaannya:

1. Menentukan nilai horizontal (sh,ch) dan vertikal (sv,cv)

- Nilai Horizontal

Tabel 4. Nilai Sh dan Ch

Sh	Ch
3431,619724	3431,619724
4473,191812	7904,811536
4465,346251	12370,15779

- Nilai Vertikal

Tabel 5. Nilai Sv dan Cv

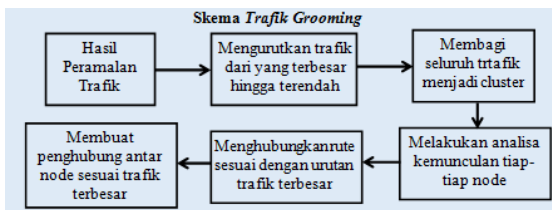
Sv	Cv
1164,372759	1164,372759
1080,643686	2245,016445
2859,769309	5104,785754
2786,317422	7891,103176
3408,921182	11300,02436
1070,133429	12370,15779

2. Mencari nilai koordinat yang paling mendekati Koordinat ditentukan berdasarkan nilai cv dan ch pada tabel 4 dan tabel 5 yang paling mendekati 1/2 nilai total demand sebesar:

$$\frac{1}{2} \text{ nilai total demand} = \frac{12370,15779}{2} = 6185,078$$

Letak koordinat ditunjukkan pada koordinat (cv,ch) yaitu (2,3) dengan nilai cv dan ch yang paling mendekati nilai 6185,078. Pada tabel 3, daerah dengan nilai 1130,745371 merupakan daerah kali anyar, sehingga node akan diletakan pada daerah kali anyar.

2.3. Perancangan Topologi Jaringan dan Pembangkitan Trafik Point-to-Point



Gambar 6. Diagram Perancangan Topologi

2.3.1. Pembangkitan dan Pembuatan Matriks Trafik

Dalam menyusun matriks trafik yang akan digunakan dalam tahapan *Traffic Grooming*, digunakan nilai *bandwidth* yang dihasilkan dari perhitungan peletakan node yaitu besarnya *bandwidth* yang dicakup pada tiap node. Penyusunan matriks trafik menggunakan rumus *comparative calculation formula* sesuai dengan persamaan di bawah ini:

$$\text{Trafik} = A \frac{B}{\sum(A + B + \dots + N)}$$

Contoh:

Nilai trafik dari node PKJ menuju KGT dan sebaliknya
 Besar bandwidth/trafik PKJ = 14518,7046 Gbps
 Besar bandwidth/trafik KGT = 14719,05787 Gbps

$$\text{Trafik} = \text{PKJ} \frac{\text{KGT}}{\sum(\text{PKJ} + \text{KGT} + \dots + \text{CJT})}$$

$$= 1076,57 \text{ Gbps}$$

2.3.2. 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 105 trafik dengan nilai yang berbeda, selanjutnya 105 trafik tersebut akan dibagi menjadi lima ring. Hal ini didasarkan bahwa pada metro ethernet maksimal hanya terdapat lima *node*, namun mengingat semakin banyak ring akan menghabiskan *cost* yang lebih banyak, maka dipilihlah bahwa jaringan akan dibagi menjadi lima ring.

2.3.3. 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 lima ring. Lima ring dipilih untuk menghemat *cost* sekaligus menjaga nilai QoS pada taraf yang baik. Contoh pembagian trafik kedalam cluster 1 ditunjukkan pada tabel berikut ini.

- Cluster 1

Tabel 6. Pembagian trafik 2028 pada Cluster 1

No.	Trafik	Link
1	1076,565476	PKJ<->KGT
2	1070,59289	CKB<->KGT
3	1069,397099	KGT<->SKB
4	1051,253505	CKB<->PKJ
5	1051,130589	KGT<->KBU
6	1050,079316	PKJ<->SKB
7	1044,25367	CKB<->SKB
8	1032,215513	KGT<->KKO
9	1032,142776	PKJ<->KBU
10	1028,429805	MDS<->KGT
11	1026,416638	CKB<->KBU
12	1025,27019	KBU<->SKB
13	1016,182721	KGT<->KRT
14	1013,569385	PKJ<->KKO
15	1009,852063	PKJ<->MDS
16	1007,94629	CKB<->KKO
17	1006,820471	KKO<->SKB
18	1004,983848	KGT<->PGD
19	1004,24959	CKB<->MDS
20	1003,127901	MDS<->SKB
21	997,8262124	PKJ<->KRT
22	992,290457	CKB<->KRT
23	991,1821255	SKB<->KRT
24	989,6228412	KKO<->KBU
25	986,8296376	PKJ<->PGD
26	985,993344	MDS<->KBU

2.2.4. Analisa Kemunculan Node & Pembentukan Ring

Rekapitulasi frekuensi kemunculan *node* pada tiap cluster ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 7. Frekuensi kemunculan masing-masing node

Cluster 1		Cluster 2		Cluster 3		Cluster 4	
CKB	7	CKB	4	CKB	1	CKB	2
PKJ	8	PKJ	4	PKJ	0	PKJ	2
MDS	5	MDS	3	MDS	4	MDS	2
LAG	0	LAG	5	LAG	7	LAG	2
KGT	8	KGT	4	KGT	1	KGT	1
KKO	5	KKO	4	KKO	3	KKO	2
KLA	0	KLA	3	KLA	10	KLA	2
SEN	0	SEN	3	SEN	8	SEN	2
KBU	6	KBU	4	KBU	2	KBU	2
SKB	7	SKB	4	SKB	1	SKB	2
KRK	4	KRK	4	KRK	4	KRK	2
PSB	0	PSB	6	PSB	6	PSB	2
PGD	2	PGD	6	PGD	4	PGD	2
MLW	0	MLW	0	MLW	0	MLW	14
CJT	0	CJT	0	CJT	1	CJT	13

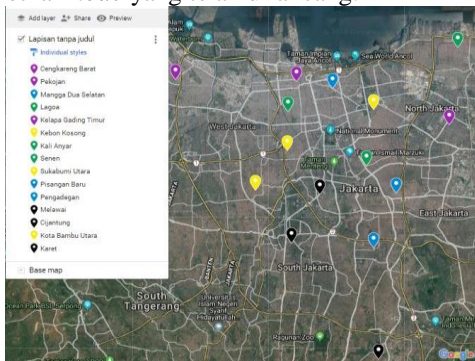
Tabel 7 menunjukkan node yang memiliki frekuensi kemunculan terbanyak diantara semua cluster. Node dengan warna merah dipilih menjadi node yang akan digunakan pada cluster karena memiliki frekuensi kemunculan terbesar. Namun tentunya terdapat penyesuaian link, dimana node dengan frekuensi kemunculan paling sedikit diantara node lain di cluster tersebut akan dipindahkan ke cluster yang memiliki frekuensi kemunculan terbanyak dan begitu pula seterusnya sampai membentuk ring dengan jumlah node yang diinginkan.

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

- Ring 1 : Node PKJ, Node KGT, Node, CKB
- Ring 2 : Node PGD, Node MDS, Node PSB
- Ring 3 : Node LAG, Node SEN, Node KLA
- Ring 4 :Node KRT, Node CJT, Node MLW
- Ring 5 :Node KKO, Node SKB, Node KBU

Dari hasil pengelompokan node di atas, dapat dilihat jumlah node per ring hanya sebanyak tiga. Namun setelah melewati tahap akhir proses traffic grooming, jumlah node di tiap ring akan bertambah sampai dengan berjumlah maksimal lima di setiap ring.

Berikut ini merupakan visualisasi hasil pengelompokan dan peletakan node yang telah dirancang.



Gambar 7 Hasil Pengelompokan Node

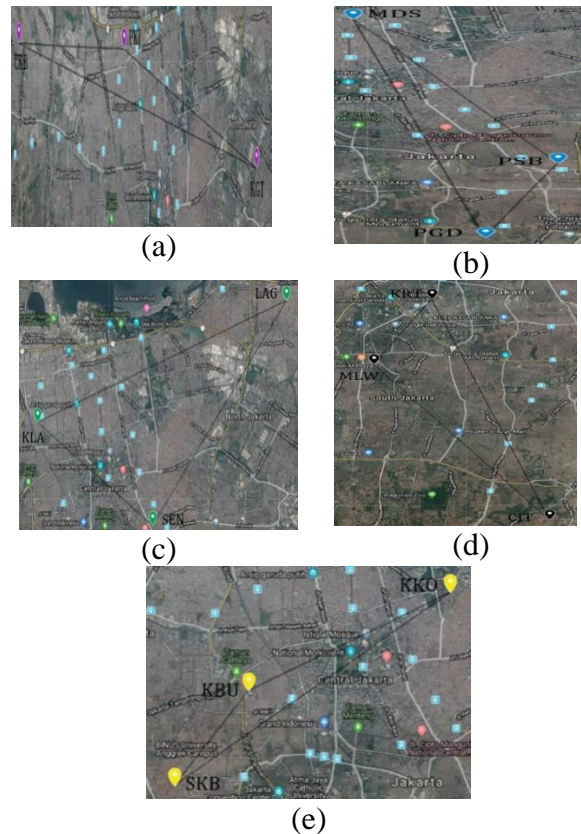
2.2.5. Penentuan Route

Dari subbab 2.2.4, 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 8 menunjukkan rute dengan urutan prioritas trafik terbesar dan semua kemungkinan link. 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 : PKJ-KGT-CKB-PKJ
- Ring 2 : PGD-MDS-PSB-PGD
- Ring 3 : LAG-SEN-KLA-LAG
- Ring 4 : CJT- KRT-MLW-CJT
- Ring 5 : KBU-SKB-KKO-KBU



Gambar 8 hasil penentuan rute masing-masing ring (a) Ring 1, (b) Ring 2, (c) Ring 3, (d) Ring 4, (e) Ring 5

Selanjutnya perlu dilakukan penentuan node penghubung dari masing-masing ring.

Tabel 8. Prioritas urutan link berdasarkan volume trafik

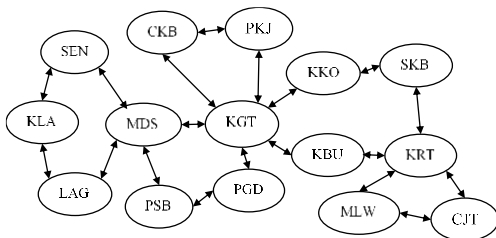
Ring	Link	Prioritas
Ring 1	KGT <-> CKB	2
	PKJ <-> KGT	1
	CKB <-> PKJ	3
Ring 2	MDS <-> PSB	2
	PGD <-> MDS	1
	PSB <-> PGD	3
Ring 3	SEN <-> KLA	3
	LAG <-> SEN	1
	KLA <-> LAG	2
Ring 4	KRT <-> CJT	1
	KRT <-> MLW	2
	CJT <-> MLW	3
Ring 5	SKB <-> KKO	2
	KBU <-> SKB	1
	KBU <-> KKO	3

2.2.6. Penentuan Node Konektor

Pada penelitian ini, ring yang akan dihubungkan adalah ring dengan link penghubung bernilai trafik terbesar yang memungkinkan untuk digunakan. Hal ini dilakukan karena nilai trafik jaringan yang sangat besar akan membutuhkan alternatif rute yang banyak dan terus tersedia apabila terjadi link failure pada salah satu atau lebih dari satu link. Pada saat menghubungkan dari satu ring ke ring lainnya, akan dicari opsi hubungan node dengan nilai trafik terbesar seperti pada tabel 9 di bawah ini.

Tabel 9. Node penghubung dengan trafik terbesar

Ring	Link 1	Link 2	Trafik Total (Gbps)
Ring 1 - ring 5	KGT-KKO	KGT-KBU	1032,215513
Ring 1 - ring 2	KGT-PGD	KGT-MDS	1004,983848
Ring 2 - ring 5	MDS-KBU	MDS-SKB	985,993344
Ring 4 - ring 5	KRT-KBU	KRT-SKB	974,2516158
Ring 1 - ring 3	KGT-LAG	KGT-SEN	940,8550526



Gambar 9. Hasil perencanaan topologi jaringan metro ethernet DKI Jakarta tahun 2028

Pada gambar 9, topologi yang dihasilkan cenderung membentuk multi ring dimana terdapat penghubung dari ring ring ke ring. Hal ini dilakukan karena jaringan metro ethernet kota Jakarta memiliki besar volume trafik yang besar di di tiap link, sehingga dibutuhkan banyak alternatif jalur transmisi agar saat terjadi link failure pada lebih dari satu link, akan tetap tersedia alternatif jalur.

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 PGD ↔ PLT

- Traffic in PGD ↔ PLT = 1054,49 Gbps
- Traffic out PLT ↔ PGD = 1054,49 Gbps

utilisasi kapasitas link sebesar ≤ 50%

$$\text{Kapasitas link minimum} = \frac{\text{volume trafik terbesar}}{50\%} = \frac{1054,49}{50\%} = 2108,98 \text{ Gbps}$$

Kapasitas link yang memungkinkan

$$= 22 \times 100 \text{ Gbps link}$$

$$= 2200 \text{ Gbps}$$

Sehingga utilisasi yang dimiliki oleh link adalah:

$$\text{Utilisasi Trafik} = \frac{1054,49 \text{ Gbps}}{2200 \text{ Gbps}} = 47,9 \%$$

3. Hasil dan Analisis

3.1. Peramalan Trafik

Node	CKB	PKJ	MDS	LAG	KGT	KKO	KLA	SEN	KBU	SKB	KRT	PSB	PGD	MLW	CJT
CKB	0	1051,25	1004,249	918,733	1070,592	1007,946	897,8623	905,3783	1026,416	1044,253	992,290	936,359	981,354	751,632	769,182
PKJ	0	0	1009,852	923,839	1076,565	1013,569	902,8712	910,6303	1032,142	1030,079	997,826	941,583	986,829	755,825	773,473
MDS	0	882,551	0	1028,429	948,250	862,5018	869,9141	985,993	1003,127	953,211	899,483	942,706	722,031	738,890	
LAG	0	940,855	885,800	0	789,0565	795,837	902,032	917,7077	872,041	822,888	862,431	660,547	675,970		
KGT	0	1032,215	919,480	927,382	0	1051,130	1069,397	1016,182	938,905	1004,983	769,730	787,703			
KKO	0	865,676	873,116	899,622	1006,820	0	956,719	902,794	946,176	724,688	741,610				
KLA	0	777,738	881,540	896,8594	832,230	804,194	0	842,838	645,541	660,614					
SEN	0	889,116	904,567	839,554	811,105	830,082	651,088	666,291							
KBU	0	1023,270	974,251	919,337	963,5148	737,968	753,199								
SKB	0	991,182	935,314	980,2387	750,793	768,323									
KRT	0	888,771	931,480	713,432	730,091										
PSB	0	878,977	673,220	688,939											
PGD	0	705,570	722,045												
MLW	0	533,023													
CJT	0														

Gambar 10 Matriks Trafik jaringan metro ethernet Kota Jakarta tahun 2028

Hasil peramalan trafik ditunjukkan pada matriks trafik pada gambar 10, di mana hasil peramalan trafik terbanyak disumbang oleh perusahaan pada tahun 2028 dengan persebaran trafik di tiap daerah perkantoran [10] sebesar 123 GBps. Besar trafik untuk perorangan hanya sebesar 0,97 MBps dan untuk daerah yang tidak termasuk daerah perkantoran diberi tambahan bandwidth sebesar 1 GBps.

3.2. Peletakan Node

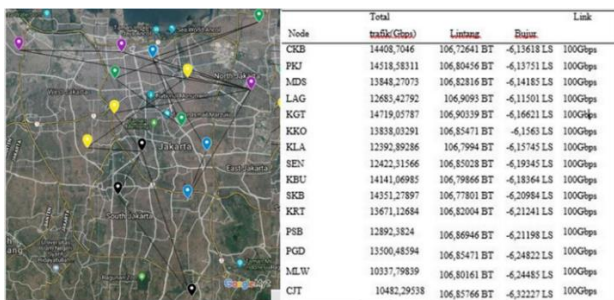
Setelah semua tahapan penentuan letak node menggunakan metode Center Of Gravity dilakukan, maka didapatkan hasil akhir seperti pada tabel 10 di bawah ini.

Tabel 10. Node hasil metode center of gravity

Nomor node	Nama Node	Total trafik(Gbps)	Lintang
1	CKB	14408,7046	106,72641
2	PKJ	14518,58311	106,80456
3	MDS	13848,27073	106,82816
4	LAG	12683,42792	106,9093
5	KGT	14719,05787	106,90339
6	KKO	13838,03291	106,85471
7	KLA	12392,89286	106,7994
8	SEN	12422,31566	106,85028
9	KBU	14141,06985	106,79866
10	SKB	14351,27897	106,77801
11	KRT	13671,12684	106,82004
12	PSB	12892,3824	106,86946
13	PGD	13500,48594	106,85471
14	MLW	10337,79839	106,80161
15	CJT	10482,29538	106,85766

3.3. 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 11 dan hasil perencanaan topologi ring pada jaringan metro ethernet wilayah DKI Jakarta tahun 2028 yang diilustrasikan seperti pada gambar



Gambar 11. Hasil perencanaan topologi jaringan metro ethernet DKI Jakarta tahun 2028 dengan Traffic Grooming

3.4. Kapasitas Jaringan

Dalam perencanaan jaringan menggunakan metode Traffic Grooming, nilai utilisasi pada link merupakan parameter yang sangat penting. Hal ini dikarenakan metode trafik grooming menitikberatkan perencanaan pada nilai volume trafik, sehingga nantinya diharapkan nilai utilisasi pada link memiliki nilai yang baik.

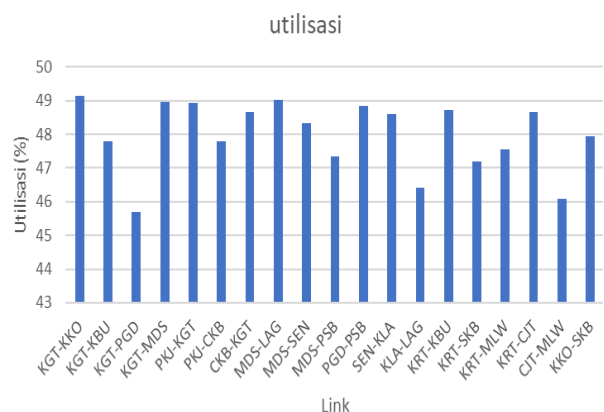
Dari tabel 11 terlihat bahwa masing-masing link memiliki nilai utilisasi yang berbeda-beda satu sama lain dan semua link menggunakan fiber dengan kapasitas 100 Gb.

Dari gambar 12 di atas terlihat bahwa hasil nilai utilisasi masing-masing link bervariasi dan tidak berada dalam tingkatan performansi yang sama. Hal ini disebabkan oleh nilai trafik yang berbeda-beda dan kapasitas link tersedia dalam ukuran tertentu, yaitu 100 Gbps sehingga tidak dapat dilakukan perencanaan sesuai dengan nilai kapasitas

yang diharapkan. Besar nilai utilisasi berkisar antara 45% - 49,7%, hal ini sudah sesuai dengan standard yang ditentukan yaitu utilisasi sebesar $\leq 50\%$.

Tabel 11. Kapasitas Link

link	trafik (Gbps)	Utilisasi 50%	Jumlah fiber 100Gb
KGT-KKO	1032,215513	2064,431027	21
KGT-KBU	1051,130589	2102,261178	22
KGT-PGD	1004,983848	2009,967696	22
KGT-MDS	1028,429805	2056,85961	21
PKJ-KGT	1076,565476	2153,130952	22
PKJ-CKB	1051,253505	2102,507011	22
CKB-KGT	1070,59289	2141,185779	22
MDS-LAG	882,5514443	1765,102889	18
MDS-SEN	869,9141786	1739,828357	18
MDS-PSB	899,4833891	1798,966778	19
PGD-PSB	878,9771291	1757,954258	18
SEN-KLA	777,758001	1555,516002	16
KLA-LAG	789,0565116	1578,113023	17
KRT-KBU	974,2516158	1948,503232	20
KRT-SKB	991,1821255	1982,364251	21
KRT-MLW	713,4327544	1426,865509	15
KRT-CJT	730,091059	1460,182118	15
CJT-MLW	553,0237823	1106,047565	12
KKO-SKB	1006,820471	2013,640943	21



Gambar 12. Grafik nilai utilisasi setiap link dari hasil dimensioning.

4. Kesimpulan

Jaringan metro ethernet yang direncanakan untuk wilayah DKI Jakarta untuk tahun 2028 menggunakan link dengan kapasitas 100Gbps untuk semua link sesuai dengan kebutuhan bandwidth dan trafik wilayah DKI Jakarta yang sangat besar. Nilai utilisasi berkisar antara 45 – 49,7% sehingga tetap memenuhi standar yaitu kurang dari 50% . Peletakan node menggunakan metode center of gravity yang didasarkan pada persebaran nilai bandwidth di tiap kelurahan dan menggunakan router berkapasitas 14,75 Tb. Pembentukan topologi jaringan didasarkan pada persebaran bandwidth dan trafik sehingga tidak ada ketimpangan beban pada setiap link dan ring.

Referensi

- [1]. 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.
- [2]. S. N. Hertiana, *Modul Rekayasa Trafik Telekomunikasi*. Institut Teknologi Telkom Bandung, 2009.
- [3]. Dutta, R and Kamal. A.E., “*Traffic Grooming for Optical Networks*,” Spinger, USA, 2008.
- [4]. D. T. Putri, T. Juhana, dan S. Haryadi. *DWDM System Design: DIY-Semarang –Surakarta Ring*. tugas akhir Jurusan Teknik Telekomunikasi Institut Teknologi Bandung, 2016.
- [5]. “Survei Penetrasi Pengguna Internet Indonesia Tahun 2016”, Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia, Jakarta, 2017
- [6]. Haryadi, Sigit. “*Telecommunications Traffic: Technical and Business Considerations*.” 2013
- [7]. G. K. Philip, G. P. Thomas, “*Center Of gravity : Determination, Analysis, and Application*”, USA, 1996
- [8]. “<https://toolstud.io/video/audiosize.php>”, 2018
- [9]. *Huawei S9700 Series Switches Product Brochure*, Huawei Technologies Co., Ltd. 2017.
- [10]. “Rencana Tata Ruang Wilayah 2011-2030”, Pemerintah Provinsi Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta, 2015
- [11]. “Survei Penetrasi Pengguna Internet Indonesia Tahun 2016”, Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia, Jakarta, 2017
- [12]. “proyeksi penduduk Indonesia 2010 – 2035”, Badan Pusat Statistik, Jakarta, 2015