

# PERENCANAAN JARINGAN METRO ETHERNET KOTA BANDUNG TAHUN 2028 MENGGUNAKAN ALGORITMA *DYSART AND GEORGANAS* DAN ALGORITMA *BRUTE FORCE* SERTA PERAMALAN TRAFIK DENGAN METODE PEMBOBOTAN

Triya Eva Widyasari<sup>\*)</sup>, Sukiswo dan Ajub Ajulian Zahra

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

<sup>\*)</sup>E-mail: [triyaeva15@gmail.com](mailto:triyaeva15@gmail.com)

## Abstrak

Perkembangan kebutuhan komunikasi data menuntut sebuah jaringan yang handal dengan performansi yang lebih baik. Jaringan metro ethernet dapat dijadikan suatu solusi yang bisa dimanfaatkan dalam menyalurkan paket data, karena metro ethernet merupakan jaringan backbone yang jarak jangkauannya luas berskala perkotaan. Pada penelitian ini dirancang sebuah jaringan metro ethernet Kota Bandung yang dapat bertahan hingga tahun 2028. Perencanaan jaringan menggunakan algoritma *Dysart and Georganas* untuk menentukan node konsentrator dan penyelesaian *Travelling Salesman Problem (TSP)* menggunakan algoritma *Brute Force*. Metode peramalan trafik menggunakan *point to point forecast* dengan pembobotan *Rapp's 1*, *Rapp's 2* dan *Australian Telecom* untuk mengetahui pertumbuhan trafik setiap tahun dan memperkirakan volume trafik pada tahun 2028. Penentuan kapasitas link merujuk pada standar trafik load PT Telkom Indonesia dengan batas utilisasi 55%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa trafik di setiap link selalu meningkat antara 173 Mbps hingga 6.908 Mbps tiap tahun. Dari kapasitas yang telah ditentukan utilisasi trafik dua arah terendah 30% dan tertinggi 53%, hal tersebut sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan.

*Kata kunci: metro ethernet, perencanaan, trafik, konsentrator, TSP, kapasitas*

## Abstract

The development of data communication needs requires a reliable network with better performance. The metro ethernet network can serve solutions that can be used in distributing data packages, because the metro is a backbone network that has a wide range of coverage on an urban scale. In this study, a Bandung City metro ethernet network was designed that can last until 2028. Network planning uses the *Dysart and Georganas* algorithms to identify concentrator node and resolve *Traveling Salesman Problems (TSP)* using a *Brute Force* algorithm. Traffic forecasting method uses *point-to-point forecast* with *Rapp's 1*, *Rapp's 2* and *Australian Telecom* weighting to determine traffic growth every year and estimated traffic volume in 2028. Link capacity determination refers to the traffic load standards of PT Telkom Indonesia with a utilization limit of 55%. The results show that link traffic increases 173 Mbps to 6.908 Mbps every year. From the capacity that has been set, the lowest two-way traffic utilization is 30% and the highest is 53%, it is in accordance with the standards set

*Keywords: metro ethernet, planning, traffic, concentrator, TSP, capacity*

## 1. Pendahuluan

Pada sistem transmisi jaringan yang handal harus dapat menjaga aliran data sehingga tidak terjadi kemacetan atau bahkan *overload*. Sehingga masing-masing *service provider* berusaha membangun sistem transmisi yang dapat mencukupi aliran data serta toleran dan tahan terhadap kesalahan. Namun perkembangan yang dilakukan oleh masing-masing *service provider* masih kurang efektif dan efisien sehingga diperlukan sistem

transmisi untuk semua *service provider*. Salah satu sistem transmisi yang saat ini sedang berkembang adalah metro ethernet yang merupakan pengembangan dari teknologi ethernet pada *local area network (LAN)*. Bandung sebagai salah satu kota besar yang ada di Indonesia dengan penduduk yang bertambah setiap tahun. Layaknya masyarakat perkotaan, penduduk usia produktif di Kota Bandung menjadikan internet sebagai kebutuhan yang utama yang menjadikan penduduk usia produktif sebagai penyumbang kenaikan aliran data trafik internet. Begitu

juga keberadaan perguruan tinggi serta perindustrian yang terus berkembang ikut memberikan kontribusi terhadap kenaikan aliran trafik di Kota Bandung. Oleh karena itu, diperlukan peramalan kebutuhan trafik berdasarkan penduduk usia produktif, perguruan tinggi dan industri yang berada di kota Bandung.

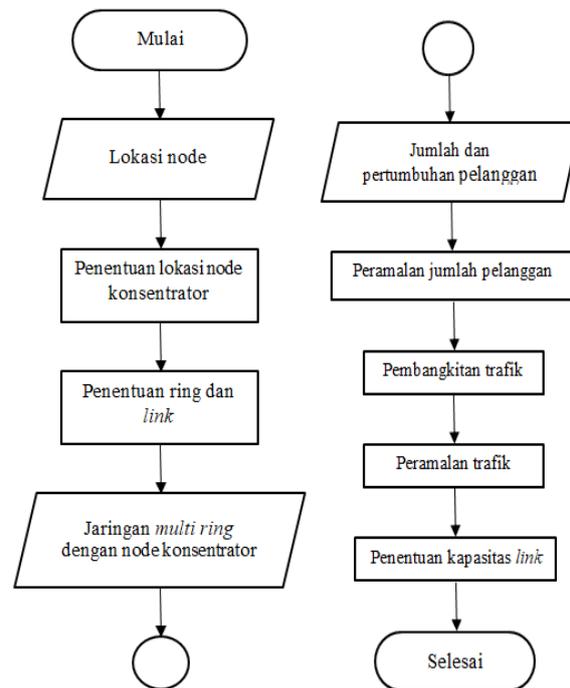
Perencanaan jaringan metro ethernet dan peramalan (*forecasting*) trafik di Kota Bandung pada penelitian ini menggunakan estimasi *point to point* dengan teori pembobotan serta penentuan kapasitas *link* yang sesuai untuk trafik yang telah diramalkan akan menjadi fokus utama penelitian ini. Penelitian tentang perencanaan jaringan telah dilakukan oleh Devi Tiarani P [1] namun jaringan yang digunakan bukanlah metro ethernet melainkan jaringan DWDM. Teknik peramalan trafik juga telah dilakukan oleh Satya Yoga [2] dan Mona Apriani [3]. Satya Yoga [2] melakukan peramalan trafik dengan metode *kruithof's double factor*, sedangkan Mona Apriani [3] menggunakan jumlah penduduk dan pendapatan perkapita. Penelitian yang membahas mengenai metro ethernet juga dilakukan oleh Bayu Fitranto [4] dan Usmiati [5]. Namun detail pembahasan pada penelitian Bayu Fitranto [4] adalah untuk mengurangi terjadinya *collision domain* yang dapat mengakibatkan *broadcast storm* serta mengatasi kondisi *looping* dan *duplicate* paket pada jaringan metroethernet Head Office Bank Danamon Indonesia Ciputra World, sedangkan Usmiati [5] membahas tentang jaringan *backbone* metro ethernet ruas Ancol-Pasar Seni Area Jakarta Utara.

Berdasarkan hal di atas, maka dilakukan penelitian untuk merencanakan jaringan metro ethernet dan peramalan (*forecasting*) trafik di Kota Bandung menggunakan estimasi *point to point* dengan teori pembobotan serta penentuan kapasitas *link* yang sesuai untuk trafik yang telah diramalkan

## 2. Metode

### 2.1. Diagram Alir Sistem

Sistem yang dirancang merupakan perencanaan jaringan *backbone* Kota Bandung beserta peramalan trafik untuk kebutuhan tahun 2028. Diagram alir sistem yang dibuat ditampilkan pada Gambar 1, diagram alir ini berfungsi sebagai tahapan dalam pembuatan penelitian ini. Tahap awal dari perencanaan jaringan adalah penentuan node dan topologi jaringan menggunakan algoritma *Dysart and Georganas* dan algoritma *Brute Force* sehingga membentuk jaringan multi ring dengan satu node konsentrator. Tahap selanjutnya adalah peramalan trafik menggunakan *point to point forecast* dengan metode pembobotan.

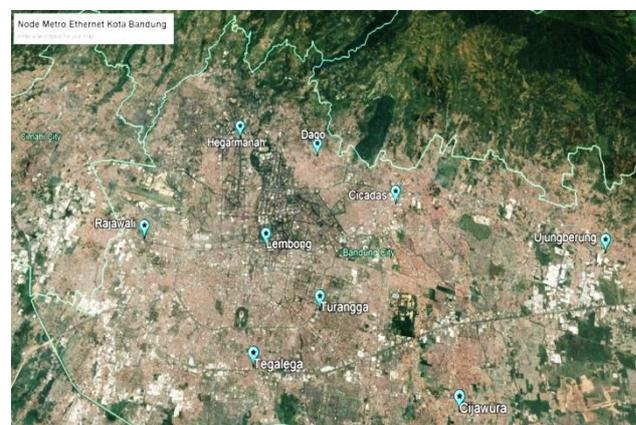


Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan Sistem

## 2.2. Perencanaan Jaringan

### 2.2.1. Penentuan Node

Pada jaringan metro ethernet yang sudah ada, jaringan metro ethernet Kota Bandung meliputi seluruh daerah operasi PT Telkom Regional 3 Jawa Barat. Berdasarkan Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Bandung tahun 2011-2031 maka dilakukan pembatasan jumlah node pada penelitian ini dengan dipilihnya 9 node karena perencanaan jaringan metro ethernet pada penelitian ini untuk tahun 2028. Node yang dipilih dapat dilihat pada Gambar 2. dan pembagian wilayah node dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Lokasi dan Koordinat Node Metro Ethernet Kota Bandung

Tabel 1. Pembagian jangkauan wilayah node

Node	Wilayah jangkauan	Node	Wilayah jangkauan	Node	Wilayah jangkauan
UBR	Ujungberung Cinambo Cibiru Panyileukan Gedebage	TGA	Astana Anyar Bojongloa Kaler Bojongloa Kidul	CCD	Cibeunying Kidul Mandalajati Antapani
HGM	Cidadap Sukasari Sukajadi	RJW	Andir Bandung Kulon Babakan Ciparay	LBG	Sumur Bandung Cicendo Batununggal Kiaracondong
CJA	Arcamanik Rancasari Buah Batu	DGO	Coblong Bandung Wetan Cibeunying Kaler	TGG	Lengkong Regol Bandung Kidul

### 2.2.2. Penentuan Ring dan Link

Dari hasil perhitungan lokasi konsentrator menggunakan algoritma *Dysart and Georganas*[6] ditentukan node LBG sebagai node konsentrator. Dari 9 node termasuk node konsentrator yang menjadi pusat akan dibuat 3 ring dengan ketentuan ring sebagai berikut :

Ring 1 : LBG, HGM, CCD, dan DGO

Ring 2 : LBG, RJW, dan TGA

Ring 3 : LBG, UBR, TGG, dan CJA

Dari ring yang telah ditentukan, pembentukan *link* yang memungkinkan sangat bervariasi. Oleh karena itu, dalam penentuan *link* penghubung harus memilih *link* yang optimal yaitu dengan jarak tempuh yang paling minim. Pemilihan *link* menggunakan TSP dalam penyambungan node bertujuan untuk mendapatkan jarak traveling yang optimal. Pada penelitian ini menggunakan algoritma *Brute Force* dikarenakan jumlah node yang tidak terlalu banyak.

### 2.3. Perencanaan Trafik

#### 2.3.1. Peramalan Jumlah Pelanggan dan Pembangkitan Trafik

Jumlah pelanggan merupakan faktor yang terpenting dalam perencanaan trafik karena pembangkitan trafik setiap node dipengaruhi oleh jumlah pelanggan. Jumlah pelanggan sekarang dan jumlah pelanggan diwaktu yang akan diramalkan perlu diketahui. Pelanggan sekarang dapat langsung diketahui dari sumber terkait yang dalam hal ini didapatkan dari *service provider* PT Telkom Indonesia dan Badan Pusat Statistik (BPS). Akan tetapi, untuk jumlah pelanggan pada waktu yang akan diramalkan perlu diketahui nilai pertumbuhan pelanggan berdasarkan *history* yang telah lampau kemudian dihitung proyeksi pelanggan dengan pertumbuhan geometri untuk menentukan jumlah pelanggan dimasa mendatang.

Pada penelitian ini pelanggan dibedakan menjadi 4 jenis berdasarkan kebutuhan trafik yaitu : pelanggan perorangan, industri sedang, industri besar dan perguruan tinggi.

$$P_t = P_o(1 + r)^t \quad (1)$$

Keterangan :

$P_t$  = jumlah penduduk pada tahun  $t$

$P_o$  = jumlah penduduk pada tahun dasar

$t$  = jangka waktu

$r$  = laju pertumbuhan penduduk

Pendistribusian trafik secara merata sesuai pembangkitan trafik pernode dengan cara berikut ini [2].

#### HGM – DGO

$$= HGM \times \frac{DGO}{HGM+DGO+CCD+UBR+RJW+LBG+TGA+TGG+CJA} \quad (2)$$

### 2.3.2. Estimasi Trafik Point to Point Forecast

Estimasi trafik pada penelitian ini menggunakan pembobotan *Rapp's 1*, *Rapp's 2* dan *Australian Telecom*[7]. Perhitungan trafik didasarkan pada data jumlah pelanggan tahun awal, trafik tahun awal, dan jumlah pelanggan tahun yang akan diramalkan.

$$A_{ij}(t) = A_{ij}(0) \frac{W_i G_i + W_j G_j}{W_i + W_j} \quad (3)$$

Faktor pembobot (W) digunakan 3 cara pendekatan yaitu metode *Rapp's 1*, *Rapp's 2* dan *Australian Telecom*.

- Metode *Rapp's 1*

$$W_i = N_i(t) \quad (4)$$

$$W_j = N_j(t) \quad (5)$$

- Metode *Rapp's 2*

$$W_i = N_i(t)^2 \quad (6)$$

$$W_j = N_j(t)^2 \quad (7)$$

- Metode *Australian Telecom*

$$W_i = \frac{N_i(0) + N_i(t)}{2} \quad (8)$$

$$W_j = \frac{N_j(0) + N_j(t)}{2} \quad (9)$$

keterangan

G= pertumbuhan pelanggan pada suatu sentral

$G_i = \frac{N_i(t)}{N_i(0)}$  = pertumbuhan pelanggan pada sentral i

$G_j = \frac{N_j(t)}{N_j(0)}$  = pertumbuhan pelanggan pada sentral j

$N_i(t)$ = jumlah pelanggan di sentral i pada waktu t

$N_i(0)$ = jumlah pelanggan di sentral i pada waktu 0

$N_j(t)$ = jumlah pelanggan di sentral j pada waktu t

$N_j(0)$ = jumlah pelanggan di sentral j pada waktu 0  
 $W_i$ = bobot pada sentral/node i  
 $W_j$ = bobot pada sentral/node

## 2.4. Dimensioning Jaringan

Tujuan utama dari pendimensionan jaringan adalah menjamin kebutuhan yang diharapkan dapat terpenuhi secara ekonomis baik untuk pelanggan dan operator[6]. Pendimensionan jaringan dilakukan berdasarkan data yang lampau untuk membuktikan bahwa hasil peramalan dapat digunakan untuk kebutuhan dimasa yang akan datang. Hal yang perlu diperhatikan dalam pendimensionan adalah utilisasi pada *link* harus sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan agar tidak terjadi kemacetan dan *overload* trafik. Perhitungan kapasitas dilakukan dengan menggunakan persamaan

$$R = \frac{V}{A} \times 100\% \quad (10)$$

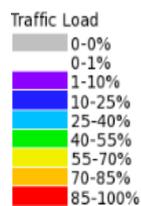
keterangan

A = Faktor utilisasi/ Intensitas Trafik

V = Volume trafik = Laju kedatangan paket data (Gbps)

R = Layanan atau *bit rate* atau kapasitas *link* (Gbps)

Panduan untuk batas utilisasi kapasitas *link* yang digunakan PT Telkom diilustrasikan pada Gambar 3. dimana warna hijau merupakan batas utilisasi *link* masih dalam kondisi baik, sedangkan kuning adalah indikator *warning* yang menandakan bahwa kapasitas *link* harus diperbesar. Sedangkan volume trafik berasal dari hasil peramalan menggunakan metode *point to point forecast*.

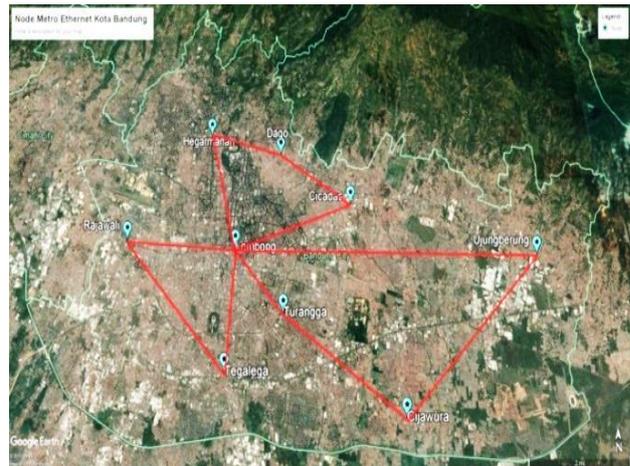


Gambar 3. Indikator Trafik Load

## 3. Hasil dan Analisis

### 3.1. Topologi Jaringan

Topologi jaringan pada penelitian ini terbentuk berdasarkan algoritma *Dysart and Georganas* untuk penentuan node konsentrator. Algoritma *Brute Force* digunakan untuk penyelesaian TSP sehingga membentuk *link* dan ring yang optimal. Hasil perencanaan jaringan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Topologi Jaringan Metro Ethernet Kota Bandung

### 3.2. Peramalan Jumlah Pelanggan

Berdasarkan hasil survey dari BPS pada beberapa tahun sebelumnya didapatkan nilai rata-rata pertumbuhan yang digunakan sebagai dasar peramalan jumlah pelanggan dari jaringan metro ethernet yang telah dirancang. Rata-rata pertumbuhan pelanggan perorangan setiap tahun Kota Bandung adalah 0,47%. Rata-rata pertumbuhan pelanggan industri (sedang dan besar) adalah 9,02%. Rata-rata pertumbuhan pelanggan perguruan tinggi adalah 5,2%.

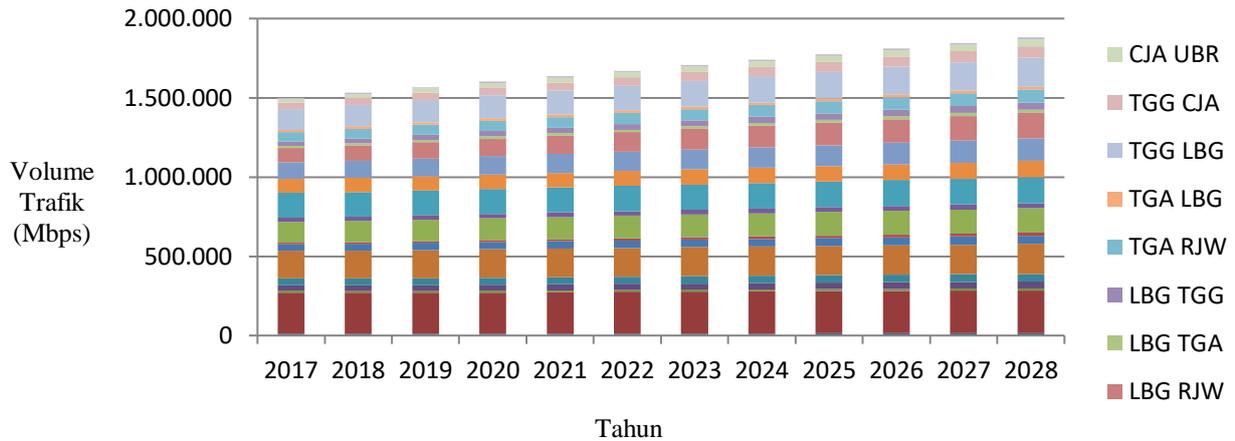
### 3.3. Estimasi Trafik Point to Point

Estimasi trafik *point to point* digunakan untuk *point to point forecast* yaitu peramalan trafik diwaktu yang akan datang berdasarkan jumlah pelanggan pada jaringan[6]. Trafik yang dihasilkan berdasarkan kondisi trafik dan pelanggan saat ini serta pelanggan pada waktu yang akan diramalkan.

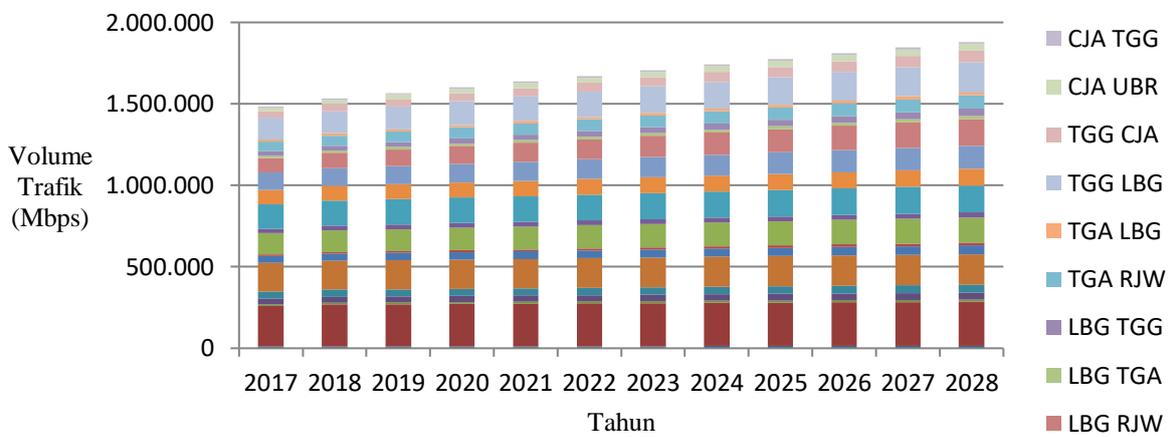
Tahun yang menjadi dasar dari *forecasting* ini adalah tahun 2016, sehingga peramalan dilakukan mulai tahun 2017 hingga 2028. Tujuan peramalan dilakukan setiap tahun dikarenakan untuk mengetahui pertumbuhan trafik setiap tahun.

Hasil peramalan trafik menggunakan metode pembobotan disajikan pada Gambar 4. Untuk metode *Rapp's 1*, Gambar 5. untuk metode *Rapp's 1*, dan Gambar 6. untuk metode *Australian Telecom*. Dapat dilihat bahwa trafik selalu mengalami kenaikan setiap tahunnya. Trafik terbanyak pada link LBG-HGM dan terkecil pada link CJA-TGG

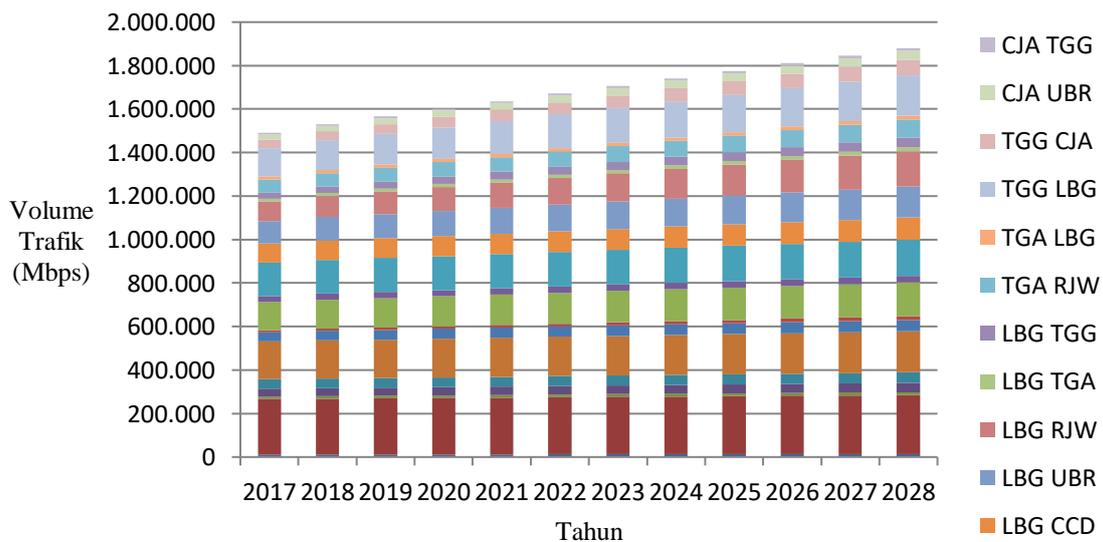




Gambar 4. Grafik Pertumbuhan Trafik Menggunakan Rapp's 1



Gambar 5. Grafik Pertumbuhan Trafik Menggunakan Rapp's 2



Gambar 6. Grafik Pertumbuhan Trafik Menggunakan Australian Telecom

### 3.4. Utilisasi Kapasitas

Penelitian ini menggunakan maksimal utilisasi 55%, hal ini berdasarkan panduan *traffic load* pada P.T Telekomunikasi Indonesia. Alasan dipilihnya maksimal utilisasi 55% dikarenakan pada Gambar 2. nilai utilisasi 55% adalah batas warna hijau yang artinya *link* masih berjalan lancar. Sedangkan jika nilai diatas 55% rambu kuning akan muncul dan rambu kuning memiliki arti *warning* atau peringatan dan jika sudah berada dibatas 85% maka *link* akan menjadi rentan terjadi kemacetan dan overload oleh karena itu *link* harus diganti.

Teknologi yang digunakan pada penelitian ini adalah 40GbE dan 100GbE sesuai dengan standar IEEE 802.3 ba. Kapasitas *link* yang digunakan juga berdasarkan standar tersebut.

Berdasarkan persamaan (10) perhitungan kapasitas *link* dapat dicari, sebagai contoh untuk *link* HGM↔DGO dengan volume trafik 27,463 Gb/s.

$$R = \frac{V}{A} \times 100\%$$

$$R = \frac{27,463}{55\%} \times 100\%$$

$$R = 49,932 \text{ Gb/s}$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa kapasitas minimal yang dibutuhkan pada *link* tersebut sebesar 49,932 Gb/s. Oleh karena itu, pada jaringan digunakan kapasitas 2 × 40 Gb agar jaringan tetap berjalan dengan baik.. Hasil penentuan kapasitas pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2. sudah sesuai dengan ketentuan yaitu dibawah 55% dengan utilisasi trafik dua arah terendah 30% dan tertinggi 53%.

Tabel 2. Kebutuhan kapasitas *link*

Link dua arah	Total Trafik	Minimum Kapasitas (utilisasi 55%)	Kapasitas Yang Disediakan		Utilisasi Liink	Trafik Tiap Port		
						Trafik dua arah Gbps	Trafik searah Gbps	Utilisasi
HGM↔DGO	27,463	49,932	80	2 X 40G	34%	13,731	7,108 6,623	18% 17%
LBG↔HGM	435,799	792,362	900	9 X 100G	48%	48,422	30,098 18,324	30% 18%
DGO↔CCD	90,677	164,868	200	2 X 100G	45%	45,339	21,127 24,212	21% 24%
LBG↔CCD	290,724	528,589	600	6 x 100G	48%	48,454	31,435 17,019	31% 17%
LBG↔RJW	317,523	577,315	600	6 X 100G	53%	52,921	25,774 27,147	26% 27%
TGA↔RJW	114,300	207,818	300	3 x 100G	38%	38,100	10,478 27,622	10% 28%
LBG↔TGA	36,429	66,235	80	2 X 40G	46%	18,215	9,702 8,513	24% 21%
LBG↔UBR	195,069	354,670	400	4 X 100G	49%	48,767	35,518 13,249	36% 13%
CJA↔TGG	83,051	151,002	200	2 X 100G	42%	41,525	35,470 6,055	35% 6%
LBG↔TGG	229,821	417,856	500	5 X 100G	46%	45,964	37,107 8,857	37% 9%
UBR↔CJA	59,607	108,377	200	2 X 100G	30%	29,804	8,738 21,066	9% 21%

#### 4. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari analisa dan pembahasan dari penelitian ini jaringan yang dirancang membentuk tiga ring dengan ring 1 (terdiri dari node LBG, HGM, CCD, dan DGO), ring 2 (terdiri dari node LBG, RJW, dan TGA) dan ring 3 (terdiri dari LBG, UBR, TGG, dan CJA). Penentuan konsentrator menggunakan algoritma *Dysart and Georganas* menghasilkan LBG sebagai node konsentrator. Algoritma *Brute Force* untuk penyelesaian TSP dapat menghasilkan *link* dengan jarak *traveling* yang terpendek. *Link* yang terbentuk adalah LBG ↔ HGM, HGM ↔ DGO, DGO ↔ CCD, LBG ↔ CCD, LBG ↔ TGA, TGA ↔ RJW, LBG ↔ RJW, LBG ↔ UBR, UBR ↔ CJA, CJA ↔ TGG, dan LBG ↔ TGG. Peramalan trafik yang dilakukan menghasilkan volume trafik yang selalu meningkat setiap tahun antara 173 Mbps hingga 6.908 Mbps. Kenaikan trafik paling tinggi terjadi pada *link* LBG-RJW yaitu dengan *Rapp's 1* sebesar 6.098 Mbps, *Rapp's 2* sebesar 6.101 Mbps, dan *Australian Telecom* sebesar 6.105 Mbps sedangkan kenaikan trafik paling rendah terjadi pada *link* DGO-HGM dengan *Rapp's 1* sebesar 189 Mbps, *Rapp's 2* sebesar 173 Mbps, dan *Australian Telecom* sebesar 199 Mbps. Algoritma *Brute Force* untuk penyelesaian TSP dapat menghasilkan *link* dengan jarak *traveling* yang terpendek. Hasil peramalan dengan metode pembobotan *Rapp's 1*, *Rapp's 2* dan *Australian Telecom* menghasilkan trafik dengan nilai yang tidak berbeda jauh. Hasil penentuan kapasitas pada penelitian ini sudah sesuai dengan ketentuan dibawah 55% dengan utilisasi trafik dua arah terendah 30% dan tertinggi 53%. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan merancang jaringan metro ethernet antarkota. Pelanggan sebagai pembangkit trafik dapat diperbanyak seperti perkantoran, perhotelan dan pemerintahan agar menghasilkan trafik yang lebih lengkap. Jenis jaringan lain selain metro ethernet dapat menjadi topik lain dalam pengembangan penelitian selanjutnya. Kapasitas *link* kedepannya dapat diperbesar sesuai dengan teknologi yang sedang berkembang. Penambahan node dan ring yang membentuk jaringan baru dapat menjadi pembahasan penelitian selanjutnya

#### Referensi

- [1] D. T. Putri, T. Juhana, and S. Haryadi, *DWDM system design: DIY-Semarang-Surakarta Ring Proc. - ICWT 2016 2nd Int. Conf. Wirel. Telemat. 2016*, pp. 111–116, 2017.
- [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. 2016.
- [3] M. Apriani, *Peramalan Jumlah Pengguna Telepon dan Estimasi Trafik Serta Analisis Parameter Jaringan di PT Telekomunikasi Indonesia*. Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang, 2016.
- [4] B. Fitianto, *Implementasi dan Analisa Spanning Tree Protocol Pada Jaringan Metro Ethernet*. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Jakarta. 2015.
- [5] Usmiati, *Perhitungan dan Pengukuran Layer 1 dan Layer 2 Jaringan Backbone GSM 3G Pada Metro Ethernet Ruas Pasar Seni-Ancol Area Jakarta Utara*. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Jakarta. 2012.
- [6] Diktat Mata Kuliah Perencanaan Jaringan Telekomunikasi Program Pasca Sarjana Sistem Informasi Listrik ITB
- [7] S. Naning Hertiana, *Peramalan Trafik untuk Perencanaan Jaringan Sekolah Tinggi Teknologi Telkom*
- [8] Diktat Mata Kuliah Perencanaan Jaringan Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- [9] A. Candra Kharisma, *Mengenal Jaringan Metropolitan yang Didasari oleh Teknologi Ethernet (Metro Ethernet Network)*. Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya fak ilmu komputer. 2009.
- [10] PT Telkom Indonesia, *Preventive Maintenance Metro Ethernet Huawei, NITS Academy TCU-C Bandung*. 2013
- [11] Cisco Systems, *Metro Ethernet Design Fundamentals Session OPT-1042*, Cisco. 2004
- [12] V. Mishra, *10 Gigabit Ethernet*. Computer Science and Engineering School of Engineering Cochi University of Science and Technology. 2008.
- [13] Moduletek, *40/100 Gigabit Ethernet Overview*. Moduletek. 2016.