

ANALISIS IMPLEMENTASI METODE REWIRING BERBASIS MODIFIKASI TOPOLOGI UNTUK PEMECAHAN MASALAH KEPADATAN TRAFIK JARINGAN

Razaq Adya Kusuma¹, Indra Surjati²
^{1,2}Magister Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Universitas Trisakti Jakarta
Email : ¹razaq.adya@gmail.com, ²indra@trisakti.ac.id

ABSTRAK

Peningkatan jumlah pengguna jaringan seluler juga menyebabkan peningkatan jumlah trafik pada jaringan. Peningkatan trafik yang terus menerus akan menyebabkan kepadatan jaringan, yang jika tidak dikelola maka akan menyebabkan degradasi layanan pada pengguna. Kepadatan trafik jaringan (congestion) dapat dihilangkan dengan mengubah topologi perangkat transmisi yang digunakan.

Dalam menentukan keadaan congestion, diperlukan pengumpulan data untuk menganalisis titik – titik yang menjadi sumber congestion. Pengumpulan data ini termasuk mengetahui perangkat yang digunakan, koneksi yang dipakai, topologi yang diimplementasikan, dan jumlah site yang menginduk.

Metode rewiring dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu melakukan modifikasi koneksi dan mengubah penggunaan kabel ethernet menjadi kabel optik. Modifikasi koneksi akan menjadikan urutan pengiriman paket data yang awalnya dikirim dengan susunan serial, berubah menjadi paralel sehingga mengurangi tumpukan paket data.

Kata kunci : congestion, topologi, koneksi, rewiring

ABSTRACT

Increasing number of mobile network users also cause an increase of traffic on the network. Sustainable traffic increased will cause network congestion, which if not managed, it will cause degradation of service to users.

In determining the state of congestion, it is necessary to collect the data for analyze the point which become source of congestion. The data collection including identify the installed devices, assembled connection, implemented topologies, and the number of main site member.

Rewiring method can be conducted in two ways, modify the connection and change the use of the ethernet cable into an optical cable. Connections modifications makes the delivery sequence of data packets that originally transmitted with the arrangement of serial connection, modified into parallel connection, thereby reducing pile of data packets.

Keywords : congestion, topology, connection, rewiring

PENDAHULUAN

Dalam implementasi jaringan teknologi di bidang telekomunikasi, penambahan pengguna menyebabkan

penambahan kebutuhan akan kapasitas pertukaran data. Apalagi pertumbuhan yang signifikan dalam implementasi teknologi mulai dari 2G (*Global*

System for Mobile Communication (GSM)), 3G (*High Speed Packet Access (HSPA)*), hingga 4G (*Long Term Evolution (LTE)*), mengharuskan kesiapan operator jaringan dalam penyediaan infrastruktur pendukung berkapasitas besar. Infrastruktur ini juga termasuk penyediaan perangkat transmisi dan konektivitas yang handal.

Ketika sumber daya jaringan digunakan bersama, terdapat potensi permintaan sumber daya melebihi ketersediaan bandwidth jaringan, sehingga membutuhkan mekanisme alokasi untuk mengatasi ketidakseimbangan dan menentukan prioritas pelayanan.[1]

Secara umum, jaringan telekomunikasi dibangun menggunakan 2 sistem transmisi, yaitu sistem transmisi radio (*access*) dan sistem transmisi optik (*backbone*). Sistem transmisi radio digunakan untuk menghubungkan radio BTS (*Base Transceiver Station*) dengan hub optik terdekat, untuk kemudian diantarkan ke BSC (*Base Station Controller*) / RNC (*Radio Network Controller*) / MME (*Mobility Management Entity*) oleh sistem transmisi optik.

Dalam implementasinya, pemasangan sistem radio dan optik ini bersinergi, sehingga didapatkan hasil transmisi data yang optimal. Selama instalasi dan implementasi awal, seluruh perangkat yang digunakan baik teknologi radio maupun optik dipasang secara serial mengikuti topologi *daisy chain*.

Implementasi pemasangan perangkat mengikuti topologi *daisy chain* dilakukan karena kemudahan untuk menambahkan perangkat baru. Setiap penambahan perangkat, cukup dilakukan dengan memasang kabel

penghubung dengan perangkat lama. Tanpa analisis mendalam tentang utilisasi bandwidth yang disediakan seiring dengan penambahan pengguna, maka koneksi ini cepat atau lambat akan mengalami *congestion*.

Congestion adalah situasi yang terjadi ketika suatu *router* atau *switch* memiliki antrian paket yang sangat banyak untuk ditransmisikan sehingga memenuhi kapasitas *buffer* dan akan mulai menjatuhkan paket (*packet drop*) jika paket terus bertambah [2]. Ini terjadi pada algoritma TCP (*Transmission Control Protocol*).

Congestion merupakan masalah yang dihadapi oleh semua operator penyedia layanan GSM. Ini terjadi ketika jumlah panggilan yang masuk atau keluar dari jaringan tertentu melebihi kapasitas yang mampu dilayani oleh jaringan pada waktu tertentu [3].

Operator jaringan memperkenalkan berbagai strategi teknis dan non-teknis baru untuk mengelola kepadatan trafik jangka pendek dan menengah. Teknik manajemen trafik ini termasuk :

1. Kapasitas volume trafik yang membatasi total volume trafik yang datang dari arah hulu (*upstream*) maupun hilir (*downstream*) selama durasi waktu tertentu
2. Memprioritaskan pelanggan atau trafik aplikasi berdasarkan faktor – faktor tertentu, seperti jumlah paket data yang tetap dikirim selama periode *congestion* terjadi atau asumsi mengenai layanan yang selalu diprioritaskan pelanggan (misalnya : trafik *voice*)
3. Membatasi kelas trafik layanan yang diyakini berkontribusi terhadap kepadatan jaringan secara signifikan

Sebelum terjadi kondisi *congestion* yang menyebabkan kegagalan pengiriman paket, operator jaringan perlu mengenal kondisi yang disebut sebagai *Near Congestion State* (kondisi hampir mencapai *congestion*). Menurut Comcast, suatu port CMTS (*Cable Modem Termination System*) akan memasuki kondisi *Near Congestion State* jika trafik yang masuk atau keluar dari port tersebut melebihi tingkat ambang batas tertentu (*Port Utilization Threshold*) selama durasi waktu tertentu (*Port Utilization Duration*) [4].

Ambang batas (*threshold*) suatu port diukur sebagai persentase dari total bandwidth port tersebut selama jangka waktu tertentu. Durasi waktu diukur dalam satuan menit. Selama periode 15 menit, jika utilisasi rata-rata kapasitas bandwidth e arah upstream ataupun downstream melebihi 70%, maka port tersebut dinyatakan berada pada kondisi *Near Congestion State*. [4]

Pada penelitian ini, permasalahan *congestion* dan *Near Congestion State* terjadi pada beberapa site. Setelah dilakukan pengukuran untuk memastikan titik *congestion*, maka implementasi pemecahan masalah ini perlu diterapkan pada titik-titik koneksi yang mengalami *congestion*.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Topologi Jaringan

Dalam istilah telekomunikasi, topologi jaringan berarti cara menghubungkan perangkat telekomunikasi agar bisa berkomunikasi antara yang satu dengan yang lain. Pada proses pembentukan suatu jaringan

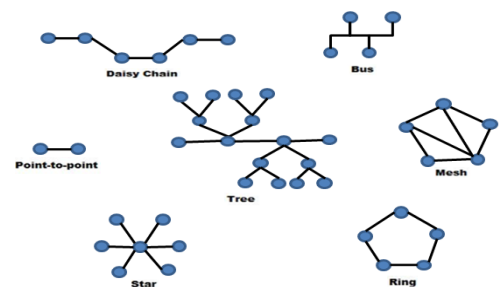
telekomunikasi, penentuan jenis topologi yang digunakan akan berpengaruh besar terhadap biaya instalasi, kecepatan transfer data, analisis permasalahan dalam jaringan, dan ekspansi yang dapat dilakukan sesuai kebutuhan.

Menurut pemodelan lapisan TCP / IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*), penentuan topologi berkaitan dengan lapisan akses jaringan, yang berfungsi mengontrol perangkat keras dan media yang membentuk jaringan.[5] Pemodelan ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Terdapat beberapa jenis topologi yang umum dikenal dalam perancangan jaringan dengan kelebihan dan kekurangan masing-masing. Di antaranya adalah : *point-to-point*, *mesh*, *star*, *ring*, *bus*, *daisy chain*, dan *tree*.[6] Masing-masing topologi ini dapaat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1 TCP / IP layer dan OSI layer

TCP / IP Model	OSI Model
Application	Application
	Presentation
	Session
Transport	Transport
Internet	Network
Network Access	Data link
	Physical



Gambar 1 Skema topologi

Topologi *daisy chain* disebut juga dengan topologi linear. Prinsip dari topologi ini adalah ketersambungan dari masing-masing perangkat telekomunikasi dilakukan secara serial. Satu perangkat memiliki maksimal dua koneksi ke perangkat lain. Topologi ini memiliki kelebihan : instalasi dan pemeliharaan yang murah, mudah menambahkan perangkat baru, memerlukan kabel yang sedikit. Kekurangannya adalah : tidak handal, kerusakan pada satu perangkat dapat mengganggu perangkat lainnya, dan rentan terhadap kepadatan trafik akibat lalu lintas data yang tinggi.[7]

Topologi *tree* disebut juga dengan topologi *hybrid*. Prinsip dari topologi ini adalah sebuah perangkat utama yang menjadi pusat komunikasi, dengan perangkat-perangkat lain yang tersambung dengan perangkat utama. Perangkat utama dapat memiliki lebih dari 2 koneksi ke perangkat lain, dipengaruhi oleh perancangan jaringan. Beberapa perangkat utama dapat dihubungkan untuk memperluas kapasitas data.

Kelebihan topologi ini adalah : dapat disesuaikan dengan mudah terhadap kebutuhan jaringan, mudah dikembangkan, mudah dianalisis jika terjadi masalah, dan mendukung kebutuhan data berkapasitas besar. Sementara kekurangannya adalah : memerlukan perencanaan matang sebelum implementasi, butuh perawatan ekstra untuk menjaga stabilitas jaringan, dan butuh koneksi kabel yang cukup banyak.

B. Sistem Komunikasi RAN (Radio Access Network)

Jaringan RAN (*Radio Access Network*) merupakan kumpulan dari jaringan seluler 2G, 3G, dan 4G.[8] Pada prinsipnya, baik perangkat 2G, 3G maupun 4G adalah sebuah perangkat keras yang menggunakan frekuensi radio berorde MHz atau GHz, yang disebut sebagai RBS (*Radio Base Station*).

Jaringan seluler 2G menggunakan teknologi TDMA (*Time Division Multiple Access*) yang kemudian dikembangkan menjadi GSM (*Global System for Mobile communication*). Komunikasi antara BTS dan BSC menggunakan antarmuka yang disebut dengan *Abis*.

Jaringan seluler 3G disebut juga dengan UMTS (*Universal Mobile Telecommunication Services*) menggunakan teknologi WCDMA (*Wireless Code Division Multiple Access*). [9]. Komunikasi antara nodeB dan RNC menggunakan antarmuka yang disebut dengan *Iub*.

Jaringan seluler 4G disebut juga dengan LTE (*Long Term Evolution*) menggunakan teknologi OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*).[10] Sistem pemancar 4G disebut dengan *E-UTRAN* (*Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network*) atau lebih dikenal dengan *e-NodeB* yang berkomunikasi dengan pusat data disebut MME (*Mobility Management Entity*) menggunakan antarmuka yang disebut *S1*.

C. Sistem transmisi berbasis paket data

Seiring dengan kemajuan teknologi di bidang telekomunikasi,

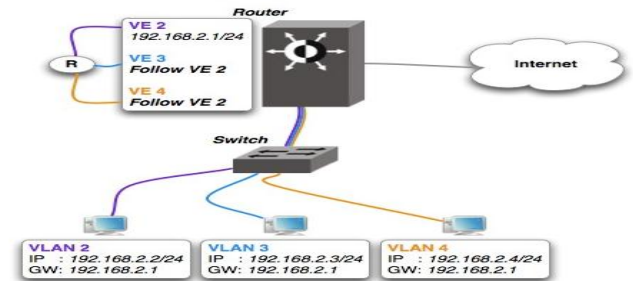
teknologi berbasis SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) perlahan mulai digantikan dengan teknologi berbasis IP (*Internet Protocol*). Protokol IP adalah protokol yang mengatur pengiriman dan pengenalan data dari satu perangkat ke perangkat lain. Dalam penggunaan teknologi IP, data dikirimkan dalam bentuk potongan-potongan paket dari sisi pengirim, kemudian dirangkai ulang menjadi satu kesatuan utuh data di sisi penerima.[11]

Teknologi IP bersifat *connectionless*, tidak melakukan deteksi dan koreksi terhadap kesalahan pengiriman. Fungsi IP dapat didefinisikan sebagai berikut :

1. Melakukan fragmentasi (pembagian) paket di sisi pengirim, kemudian menyusun ulang di sisi penerima.
2. Menentukan pengalamatan paket data
3. Mendefinisikan skema pengalamatan internet (*IP Address*)
4. Memindahkan data antara lapisan *transport* dan *network*
5. Mendefinisikan paket dalam unit satuan terkecil dalam sistem transmisi

Penerapan teknologi IP dalam jaringan telekomunikasi tidak dapat dilepaskan dari penggunaan teknologi VLAN. Teknologi VLAN (*Virtual Local Area Network*) adalah teknologi pembagian domain paket data berukuran besar pada sebuah jaringan menjadi segmen paket yang berukuran lebih kecil. Pembagian ini dilakukan menggunakan bit-bit logika, dikonfigurasi dengan perangkat lunak tertentu, dan dapat terhubung selama melewati jaringan yang sama meskipun berada pada koneksi fisik

yang berbeda.[12] Skema penggunaan IP dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 : Skema penggunaan IP dan VLAN dalam sistem telekomunikasi

Keuntungan penggunaan teknologi VLAN antara lain sebagai berikut :

1. **Keamanan** : lalu lintas data dibuat terpisah menggunakan segmen yang berbeda secara logika, sehingga data yang satu tidak dapat mempengaruhi data lain.
2. **Efisiensi** : penggunaan bandwidth yang tersedia dapat dimaksimalkan tanpa harus menambah jaringan baru.
3. **Performansi lebih baik** : pembagian paket dalam ukuran yang lebih kecil mengurangi lalu lintas paket dan menghilangkan pengiriman paket yang tidak dibutuhkan.
4. **Kemudahan manajemen jaringan** : paket-paket data dikelompokkan sesuai dengan alamat pengirimannya, menggunakan sumber daya jaringan yang sama.

D. Teori Congestion

Jaringan dinyatakan mengalami *congestion* jika permintaan terhadap sumber daya bandwidth melebihi kapasitas maksimal dari bandwidth itu sendiri. Pengaturan terhadap keadaan *congestion* juga terkait secara langsung terhadap kualitas layanan yang dirasakan oleh

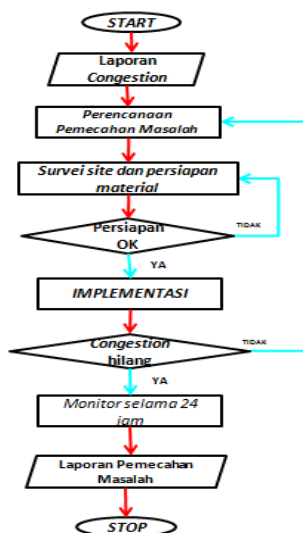
pengguna. Beberapa parameter yang terkait terhadap kondisi congestion adalah sebagai berikut: [13]

1. **Throughput** : merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada destination selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut.
2. **Packet Loss** : didefinisikan sebagai kegagalan transmisi paket IP mencapai tujuannya.
3. **Delay** : adalah waktu tunda suatu paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik lain yang menjadi tujuannya.
4. **Jitter** : merupakan variasi delay antar paket yang terjadi pada jaringan IP.

PENGUMPULAN DATA

A. Proses pengumpulan data

Dalam proses penelitian yang dilakukan untuk memecahkan masalah kepadatan jaringan (*network congestion*) terdapat beberapa tahapan yang perlu dilakukan terlebih dahulu. Tahapan-tahapan tersebut dapat diringkas dalam diagram alir seperti pada Gambar 3.



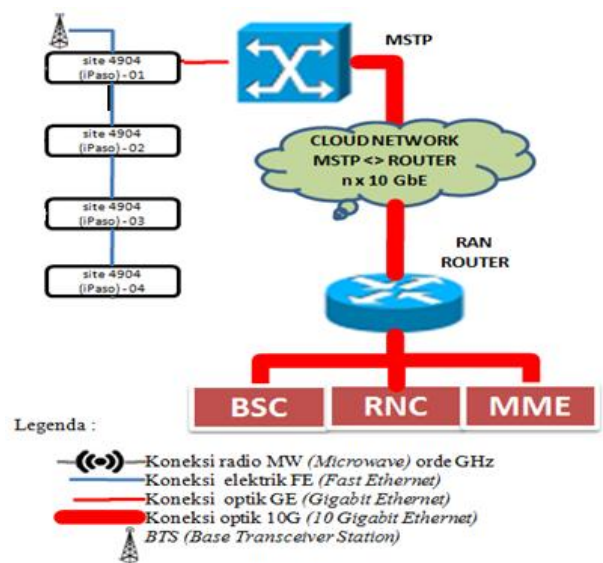
Gambar 3 : Diagram alir untuk proses pemecahan masalah congestion

Dalam penelitian ini, analisis dan implementasi pemecahan masalah congestion dilakukan pada 3 site induk yaitu :

1. **Pengadegan Timur** : berada di Jakarta Selatan, merupakan induk dari 9 site, dan data awal menunjukkan congestion pada 3 titik koneksi.
2. **Teluk Naga** : berada di Tangerang, merupakan induk dari 18 site, dan data awal menunjukkan congestion pada 3 titik koneksi.
3. **Sawangan** : berada di Depok, merupakan induk dari 32 site, dan data awal menunjukkan congestion pada 8 titik koneksi.

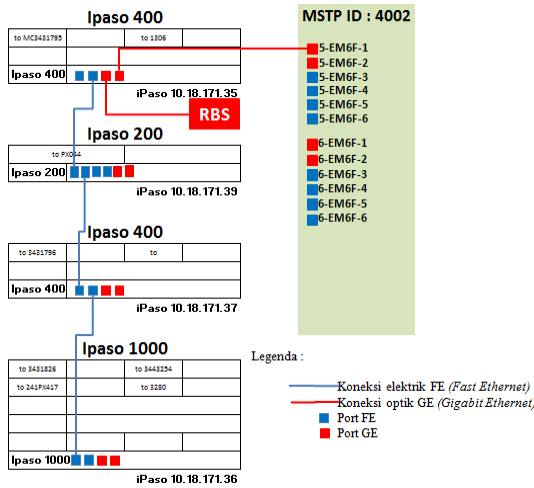
B. Pengumpulan data site Pengadegan Timur

Site Pengadegan Timur terletak di kelurahan Pengadegan, kecamatan Pancoran, kota administrasi Jakarta Selatan. Site yang menginduk pada Pengadegan Timur dapat dilihat pada Gambar 4.



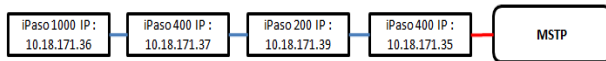
Gambar 4 : Site Pengadegan Timur

Susunan perangkat yang ada di site ini dapat dilihat pada Gambar 5.



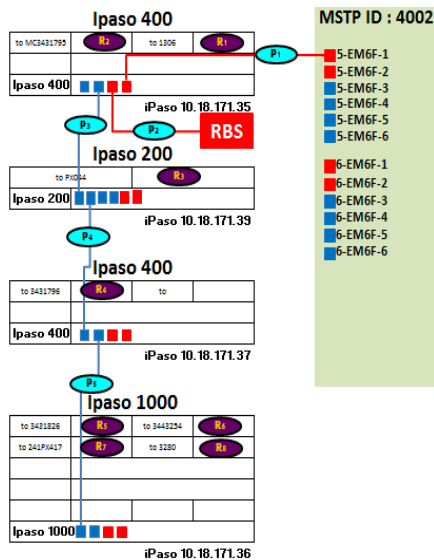
Gambar 5 : Susunan perangkat pada site Pengadegan Timur

Dari Gambar 3.3, maka skema susunan perangkat pada site Pengadegan Timur secara topologi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6: Skema topologi perangkat pada site Pengadegan Timur

Hasil pengukuran pada koneksi site Pengadegan Timur dapat dilihat pada Gambar 7 dan Tabel 2.



Gambar 7 : Titik pengukuran perangkat pada site Pengadegan Timur.

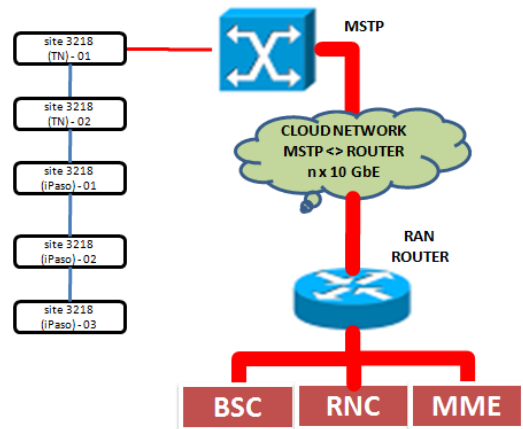
Tabel 2 : Hasil pengukuran pada site Pengadegan Timur

	Dari	Utilisasi (Mbps)	Bandwidth (Mbps)	Persentase	Kode	Kondisi
iPaso 400 IP : 10.18.171.35	Port 4	396.6	1000	40%	P1	OK
	Port 3	61.9	1000	6%	P2	OK
	Port 2	194.14	100	194%	P3	CONGEST
iPaso 200 IP : 10.18.171.39	MC3431795	57.64	142	41%	R1	OK
	1306	82.92	147	56%	R2	OK
iPaso 400 IP : 10.18.171.37	Port 2	182.14	100	182%	P4	CONGEST
	PX044	12	126	10%	R3	OK
iPaso 1000 IP : 10.18.171.36	Port 2	141.5	100	142%	P5	CONGEST
	3431796	40.64	80	51%	R4	OK
	3431826	50.16	126	40%	R5	OK
	3443254	41.1	126	33%	R6	OK
	241PX417	28.5	126	23%	R7	OK
	3280	21.74	124	18%	R8	OK

Dari hasil pengukuran awal pada Tabel 2 dapat diambil hasil analisis awal bahwa terdapat 3 titik congestion, yaitu koneksi antar IDU pada P3, P4, dan P5. Ketiga koneksi ini memiliki utilisasi melebihi kapasitas maksimal (100%), yaitu 194%, 182%, dan 142%.

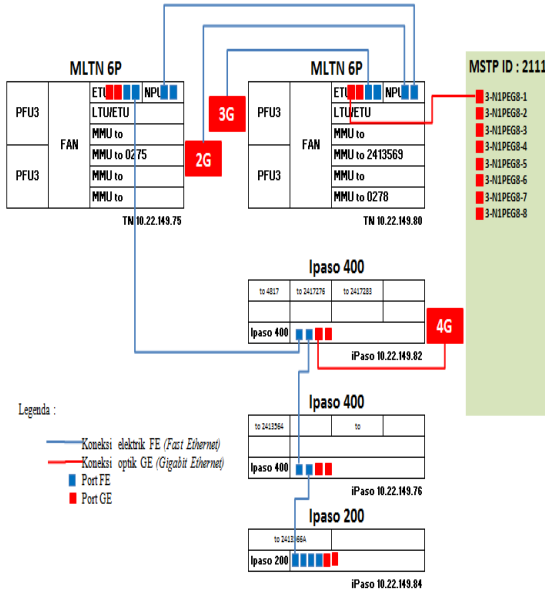
C. Pengumpulan data site Teluk Naga

Site Teluk Naga terletak di desa Teluknaga, kecamatan Teluknaga, kabupaten Tangerang. Site yang menginduk pada Teluk Naga dapat dilihat pada Gambar 8.



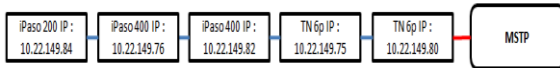
Gambar 8 : Site Teluk Naga

Susunan perangkat yang ada di site ini dapat dilihat pada Gambar 9.



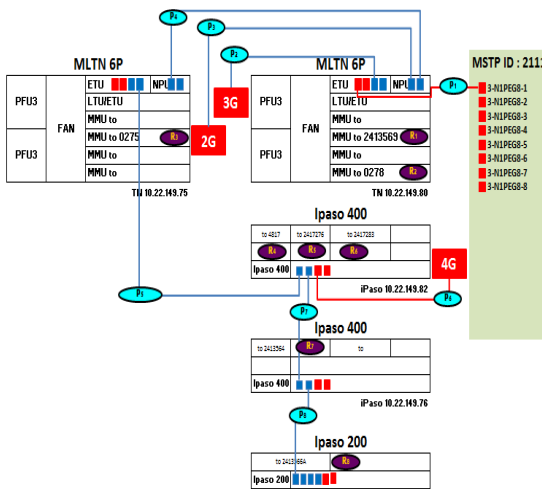
Gambar 9 : Susunan perangkat pada site Teluk Naga

Dari Gambar 9, maka skema susunan perangkat pada site Teluk Naga secara topologi dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 : Topologi site Teluk Naga

Hasil pengukuran pada koneksi site Teluk Naga dapat dilihat pada Gambar 11 dan Tabel 3.



Gambar 11 : Titik pengukuran perangkat pada site Teluk Naga.

Tabel 3: Hasil pengukuran pada site Teluk Naga

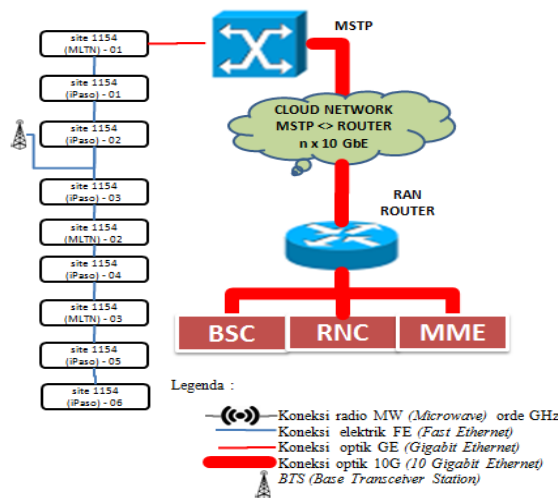
UTILISASI AWAL

	Dari	Utilisasi (Mbps)	Bandwidth (Mbps)	Persentase	Kode	State
MLTN 6P IP : 10.22.149.80	Port ETU 1	137.47	1000	14%	P1	OK
	Port ETU 3	34.7	100	35%	P2	OK
	Port NPU 3	2.75	100	3%	P3	OK
	Port NPU 4	263.55	100	264%	P4	CONGEST
MLTN 6P IP : 10.22.149.75	2413569	35.38	43.16	82%	P5	NCS
	0278	64.64	145.94	44%	P6	OK
	Port ETU 4	211.74	100	212%	P7	CONGEST
iPaso 400 IP : 10.22.149.82	0275	51.81	121.28	43%	P8	OK
	Port 2	28.72	1000	3%	P9	OK
	Port 3	43.82	100	44%	P10	OK
	4817	70.3	126	56%	P11	OK
iPaso 400 IP : 10.22.149.76	2417276	21.9	151	15%	P12	OK
	2417283	47	151	31%	P13	OK
	Port 2	34.8	100	35%	P14	OK
iPaso 400 IP : 10.22.149.84	2413564	9.02	126	7%	P15	OK
	2413566A	34.8	126	28%	P16	OK

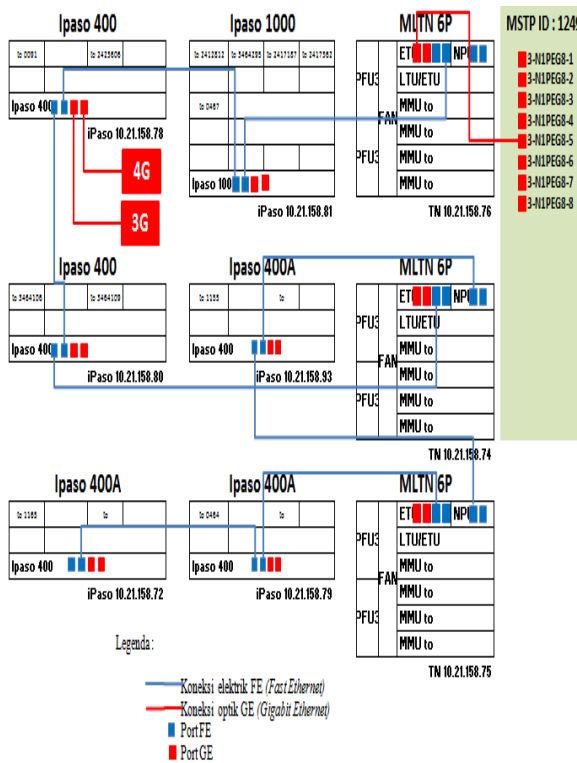
Dari hasil pengukuran awal pada Tabel 3 dapat diambil hasil analisis awal bahwa terdapat 2 titik congestion, yaitu koneksi antar IDU pada P4 (264%) dan P5 (212%). Kemudian terdapat kondisi *Near Congestion State* pada koneksi ODU R1 (82%).

D. Pengumpulan data site Sawangan

Site Sawangan terletak di kecamatan Sawangan, kota Depok. Site yang menginduk pada Sawangan dapat dilihat pada Gambar 12. Susunan perangkat yang ada di site ini dapat dilihat pada Gambar 13.

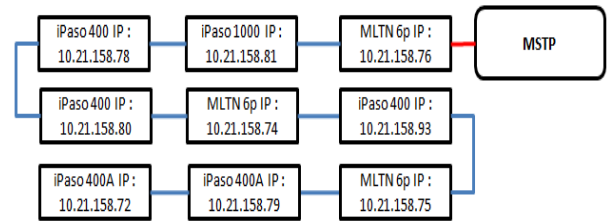


Gambar 12 : Site Sawangan

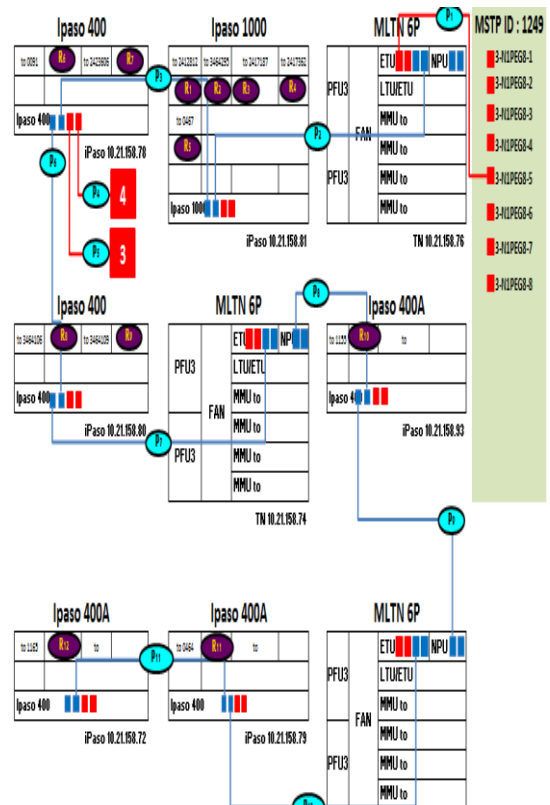


Gambar 13 : Susunan perangkat pada site Sawangan

Dari Gambar 12, maka skema susunan perangkat pada site Sawangan secara topologi dapat dilihat pada Gambar 13. Hasil pengukuran pada koneksi site Sawangan dapat dilihat dari Gambar 14 dan Tabel 4.



Gambar 14 : Topologi site Sawangan

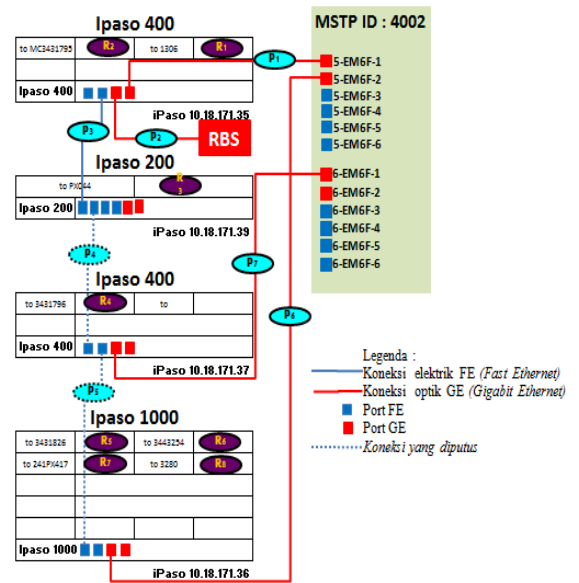


Gambar 15 : Titik pengukuran perangkat pada site Sawangan

Dari hasil pengukuran awal pada Tabel 4 dapat diambil hasil analisis awal bahwa terdapat 8 titik congestion, yaitu koneksi antar IDU pada P2 (683%), P3 (534%), P4 (282%), P7 (231%), P8 (231%), P9 (227%), P10 (227%) dan P11 (165%).

Tabel 4 : Hasil pengukuran pada site Sawangan

	Dari	Utilisasi (Mbps)	Bandwidth (Mbps)	Persentase	Kode	Kondisi
MLTN 6P IP : 10.21.158.76	Port ETU 1	649.59	1000	65%	P1	OK
	Port ETU 4	649.59	100	650%	P2	CONGEST
iPaso 1000 IP : 10.21.158.81	2412812	29.83	126	24%	R1	OK
	3464295	21.21	126	17%	R2	OK
	2417187	6.1	126	5%	R3	OK
	2417362	28.6	158	18%	R4	OK
	0467	63.31	248	26%	R5	OK
	Port 1	500.54	100	501%	P3	CONGEST
iPaso 400 IP : 10.21.158.78	Port 1	248.38	100	248%	P4	CONGEST
	Port 3	22.6	1000	2%	P5	OK
	Port 4	122.62	1000	12%	P6	OK
	0091	62.28	248	25%	R6	OK
	2423606	44.66	142	31%	R7	OK
	Port 1	230.54	100	231%	P7	CONGEST
iPaso 400 IP : 10.21.158.80	3464106	7.4	126	6%	R8	OK
	3464109	10.44	126	8%	R9	OK
MLTN 6P IP : 10.21.158.74	Port NPU 3	230.54	100	231%	P8	CONGEST
iPaso 400A IP : 10.21.158.93	Port 1	226.76	100	227%	P9	CONGEST
	1155	66	124	53%	R10	OK
MLTN 6P IP : 10.21.158.75	Port ETU 3	226.76	100	227%	P10	CONGEST
iPaso 400A IP : 10.21.158.79	Port 1	164.54	100	165%	P11	CONGEST
	0464	62.22	124	50%	R11	OK
iPaso 400A IP : 10.21.158.72	1165	164.54	248	66%	R12	OK



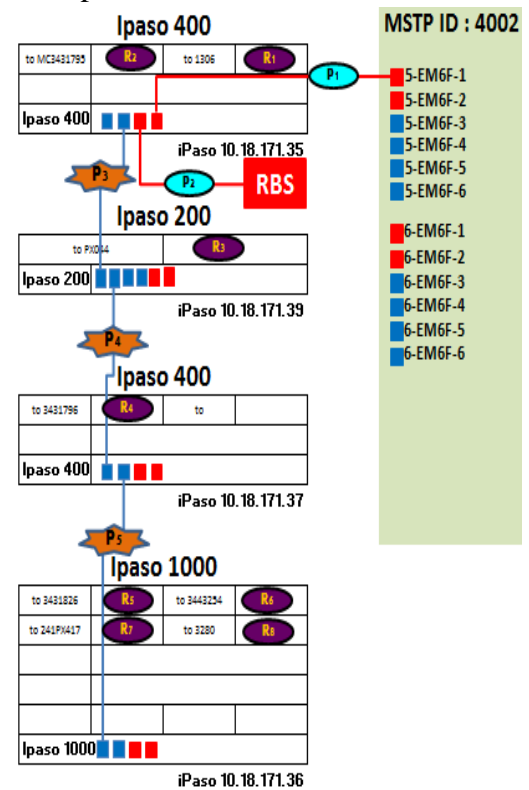
Gambar 16 : Pemetaan titik – titik congestion pada site Pengadegan Timur.

IMPLEMENTASI DAN ANALISIS HASIL

A. Implementasi dan Analisis Hasil Pemecahan Masalah site Pengadegan Timur

Hasil analisis data awal menunjukkan bahwa terjadi *congestion* pada 3 titik di site Pengadegan Timur. Titik tersebut adalah titik P3, P4, dan P5. Pemetaan titik – titik yang mengalami *congestion* ini dapat dilihat pada Gambar 16. Titik – titik ini akan ditandai dengan warna jingga.

Setelah dilakukan implementasi rewiring pada koneksi antar perangkat sesuai langkah-langkah di atas, maka hasilnya dapat dilihat pada Gambar 17.



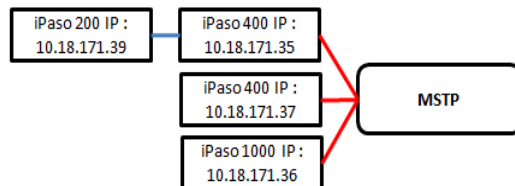
Gambar 17 : Implementasi metode rewiring pada site Pengadegan Timur

Hasil pengukuran pasca implementasi pada masing – masing koneksi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 : Hasil pengukuran pasca implementasi rewiring pada site Pengadegan Timur

	Dari	Utilisasi (Mbps)	Bandwidth (Mbps)	Persentase	Kode	Kondisi
iPaso 400 IP : 10.18.171.35	Port 2	12	100	12%	P3	OK
	Port 3	61.9	1000	6%	P2	OK
	Port 4	214.46	1000	21%	P1	OK
	MIC3431795	57.64	142	41%	R1	OK
	1306	82.92	147	56%	R1	OK
iPaso 200 IP : 10.18.171.39	Port 2				P4	
	PX044	12	126	10%	R1	OK
iPaso 400 IP : 10.18.171.37	Port 2				P2	
	Port 3	40.64	1000	4%	P1	OK
	3431796	40.64	80	51%	R1	OK
iPaso 1000 IP : 10.18.171.36	Port 4	141.5	1000	14%	P4	OK
	3431826	50.16	126	40%	R1	OK
	3443254	41.1	126	33%	R1	OK
	241PX417	28.5	126	23%	R1	OK
	3280	21.74	124	18%	R1	OK

Skema perubahan topologi pada site ini dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18 : Skema perubahan topologi pada site Pengadegan Timur

Dari hasil pengukuran pasca implementasi rewiring pada Tabel 4.1, dapat dilihat bahwa kondisi congestion pada titik P5 tidak terjadi lagi, setelah koneksi P6 diimplementasikan. Pemecahan masalahnya adalah perubahan koneksi dari kabel FE (kapasitas 100 Mbps) menjadi kabel optik (kapasitas 1000 Mbps).

Kemudian kondisi congestion pada titik P4 juga tidak terjadi lagi. Pemecahan masalahnya adalah dengan mengubah topologi yaitu koneksi P5 diubah menjadi P6, dan implementasi

koneksi optik P7 untuk menggantikan koneksi elektrikal P4.

Selanjutnya kondisi congestion pada titik P3 juga sudah terpecahkan setelah koneksi P4 diubah menjadi koneksi P7. Ketiga kondisi ini dapat disimpulkan pada Tabel 6.

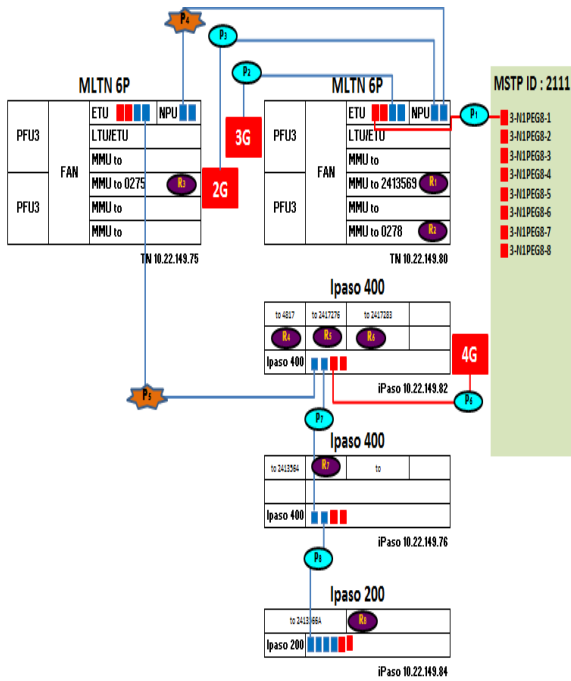
Tabel 6 : Perbandingan keadaan sebelum dan sesudah rewiring pada titik congestion

SEBELUM REWIRING					SETELAH REWIRING					
Kode	Utilisasi (Mbps)	Bandwidth (Mbps)	Persentase	Kondisi	Kode	Utilisasi (Mbps)	Bandwidth (Mbps)	Persentase	Kondisi	Keterangan
P3	141.5	100	142%	CONGEST	P4	141.5	1000	14%	OK	Pengubahan koneksi FE menjadi GE
P4	182.14	100	182%	CONGEST	P7	40.64	1000	4%	OK	Pengubahan koneksi FE menjadi GE
P5	194.14	100	194%	CONGEST	P3	12	100	12%	OK	Implementasi koneksi P6 dan P7

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa permasalahan congestion pada site Pengadegan Timur sudah dipecahkan setelah implementasi rewiring.

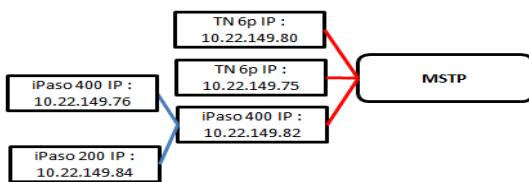
B. Implementasi dan Analisis Hasil Pemecahan Masalah site Teluk Naga

Hasil analisis data awal menunjukkan bahwa terjadi congestion pada 2 titik di site Teluk Naga. Titik tersebut adalah titik P4 dan P5. Pemetaan titik – titik yang mengalami congestion ini dapat dilihat pada Gambar 19. Titik – titik ini akan ditandai dengan warna jingga.

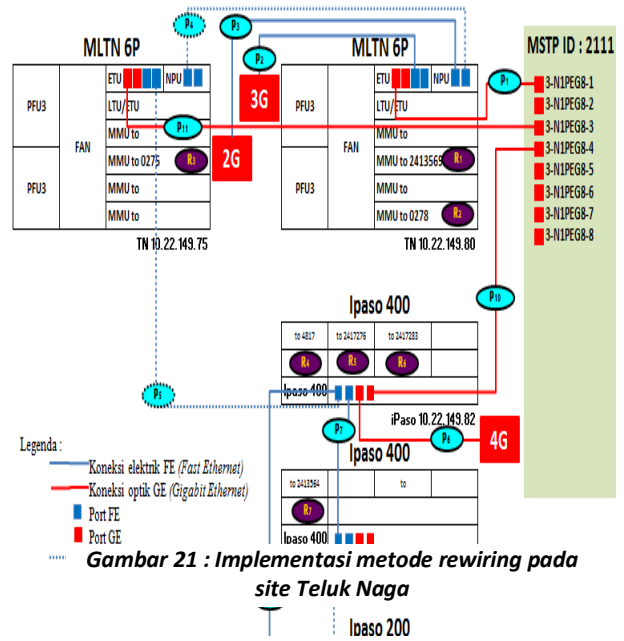


Gambar 19 : Pemetaan titik – titik congestion pada site Teluk Naga

Hasil dari metode rewiring pada site Teluk Naga dapat dilihat pada Gambar 19. Hasil pengukuran pasca implementasi pada masing – masing koneksi dapat dilihat pada Tabel 7. Skema perubahan topologi pada site ini dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20 : Skema perubahan topologi pada site Teluk Naga



Gambar 21 : Implementasi metode rewiring pada site Teluk Naga

Tabel 7: Hasil pengukuran pasca implementasi rewiring pada site Teluk Naga

	Dari	iPaso 10.22.149.84			Kode	State
		Utilisasi (Mbps)	Bandwidth (Mbps)	Persentase		
MLTN 6P IP : 10.22.149.80	Port ETU 1	152.93	1000	15%	P1	OK
	Port ETU 3	38.44	100	38%	P2	OK
	Port NPU 3	4.65	100	5%	P3	OK
	Port NPU 4				P4	
MLTN 6P IP : 10.22.149.75	2413569	35.38	43.16	82%	R1	NCS
	0278	74.46	145.94	51%	R2	OK
	Port ETU 2	61.85	1000	6%	P11	OK
iPaso 400 IP : 10.22.149.82	Port ETU 4				P5	
	0275	61.85	121.28	51%	R3	OK
	Port 1	41.4	100	41%	P7	OK
	Port 2	11.04	100	11%	P8	OK
	Port 3	57.44	1000	6%	P9	OK
	Port 4	221.18	1000	22%	P10	OK
	4817	79.3	126	63%	R4	OK
iPaso 400 IP : 10.22.149.76	2417276	23.5	151	16%	R5	OK
	2417283	49.9	151	33%	R6	OK
	Port 2				P6	
iPaso 400 IP : 10.22.149.84	2413564	11.04	126	9%	R7	OK
	2413566A	41.4	126	33%	R8	OK

Dari hasil pengukuran pasca implementasi rewiring pada Tabel 7, dapat dilihat bahwa kondisi congestion pada titik P5 tidak terjadi lagi. Pemecahan masalahnya adalah dengan implementasi koneksi P10, yaitu menggunakan kabel optik kapasitas 1000 Mbps untuk menggantikan kabel elektrikal yang hanya berkapasitas 100 Mbps.

Kemudian kondisi congestion pada titik P4 juga tidak terjadi lagi, setelah implementasi koneksi P11 yang merupakan koneksi optik. Sehingga terjadi peningkatan bandwidth dari 100 Mbps menjadi 1000 Mbps. Kedua kondisi ini dapat dilihat pada Tabel 8.

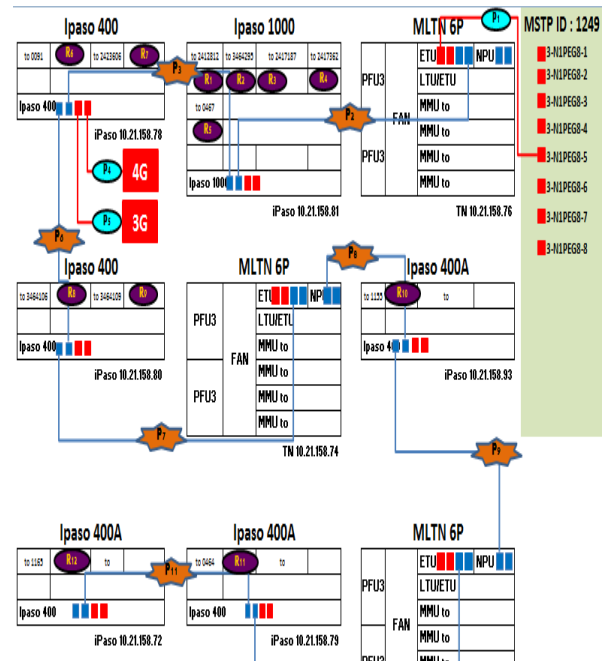
Tabel 8 : Perbandingan keadaan sebelum dan sesudah rewiring pada titik congestion

SEBELUM REWIRING					SETELAH REWIRING					
Kode	Utilisasi (Mbps)	Bandwidth (Mbps)	Persentase	Kondisi	Kode	Utilisasi (Mbps)	Bandwidth (Mbps)	Persentase	Kondisi	Keterangan
P1	211,74	100	212%	CONGEST	P1	221,18	1000	22%	OK	Pengubahan koneksi FE menjadi GE
P2	263,55	100	264%	CONGEST	P2	61,85	1000	6%	OK	Pengubahan koneksi FE menjadi GE

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa permasalahan congestion pada site Teluk Naga sudah dipecahkan setelah implementasi rewiring.

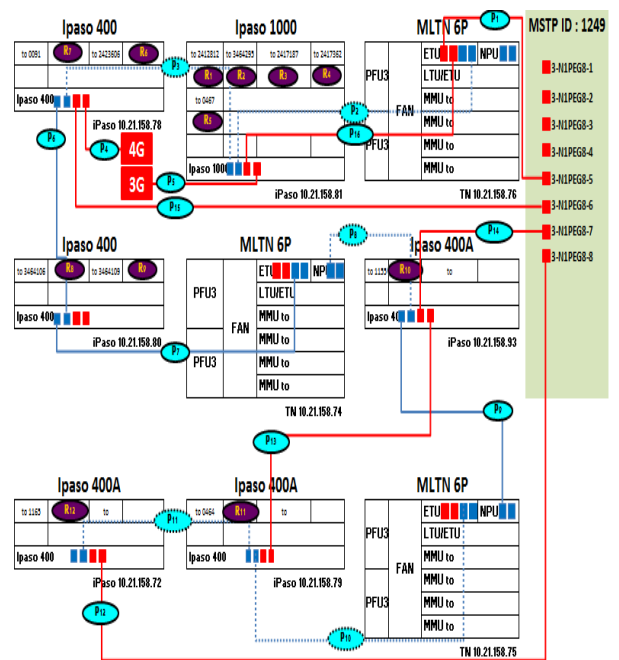
C. Implementasi dan Analisis Hasil Pemecahan Masalah site Sawangan

Hasil analisis data awal menunjukkan bahwa terjadi *congestion* pada 8 titik di site Sawangan. Titik tersebut adalah titik P2, P3, P6, P7, P8, P9, P10 dan P11. Pemetaan titik – titik yang mengalami congestion ini dapat dilihat pada Gambar 22. Titik – titik ini akan ditandai dengan warna jingga.



Gambar 22 : Pemetaan titik – titik congestion pada site Sawangan

Setelah dilakukan implementasi rewiring pada koneksi antar perangkat sesuai langkah-langkah di atas, maka hasilnya dapat dilihat pada Gambar 23.



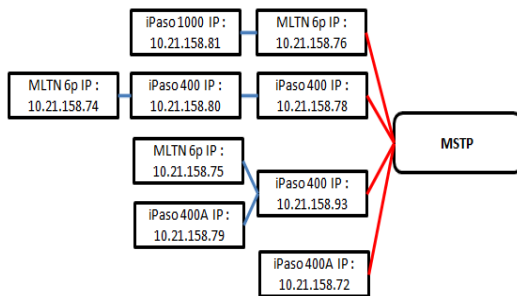
Gambar 23 : Implementasi metode rewiring pada site Sawangan

Hasil pengukuran pasca implementasi pada masing – masing koneksi dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 ; Hasil pengukuran pasca implementasi rewiring pada site Sawangan

	Dari	Utilisasi (Mbps)	Bandwidth (Mbps)	Persentase	Kode	Kondisi
MLTN 6P IP : 10.21.158.76	Port ETU 1	289.22	1000	29%	P1	OK
	Port ETU 2	289.22	1000	29%	P1	OK
	Port ETU 4				P2	OK
iPaso 1000 IP : 10.21.158.81	2412812	40.72	126	32%	R1	OK
	3464295	25.97	126	21%	R2	OK
	2417187	11.33	126	9%	R3	OK
	2417362	34.12	158	22%	R4	OK
	0467	154.48	248	62%	R5	OK
	Port 1				P6	OK
iPaso 400 IP : 10.21.158.78	Port 1	20.32	100	20%	P6	OK
	Port 2	22.6	1000	2%	P6	OK
	Port 3	148.61	1000	15%	P11	OK
	Port 4	20.32	1000	2%	P6	OK
	0091	79.53	248	32%	R6	OK
	2423606	48.76	142	34%	R7	OK
iPaso 400 IP : 10.21.158.80	Port 1	0	100	0%	P7	OK
	3464106	9.1	126	7%	R8	OK
	3464109	11.22	126	9%	R9	OK
MLTN 6P IP : 10.21.158.74	Port NPU 3				P8	OK
iPaso 400A IP : 10.21.158.93	Port 1	0	100	0%	P9	OK
	Port 3	72.93	1000	7%	P10	OK
	Port 4	85.3	1000	9%	P11	OK
	1155	72.93	124	59%	R10	OK
MLTN 6P IP : 10.21.158.75	Port ETU 3				P12	OK
iPaso 400A IP : 10.21.158.79	Port 1				P13	OK
	0464	85.3	124	69%	R11	OK
iPaso 400A IP : 10.21.158.72	Port 4	172.86	1000	17%	P14	OK
	1165	172.86	248	70%	R12	OK

Skema perubahan topologi pada site ini dapat dilihat pada Gambar 24.



Gambar 24 : Skema perubahan topologi pada site Sawangan

Dari hasil pengukuran pasca implementasi rewiring pada Tabel 9, dapat dilihat bahwa kondisi congestion pada titik P11 tidak terjadi lagi setelah implementasi koneksi optik P12. Kemudian congestion pada titik P10 juga terpecahkan setelah implementasi koneksi optik P13. Ini juga menjadi solusi pemecahan masalah pada koneksi P9, karena pemasangan

koneksi P13 mengubah topologi serial awal dari P10. Permasalahan congestion pada P8 juga tidak terjadi lagi setelah implementasi optik P14. Ketiga permasalahan congestion ini dipecahkan dengan mengubah koneksi elektrikal berkapasitas 100 Mbps menjadi koneksi optik berkapasitas 1000 Mbps.

Kondisi congestion pada koneksi P6 dan P7 menjadi hilang setelah koneksi P8 dihilangkan. Kemudian koneksi optik P15 menjadi solusi dari permasalahan congestion pada koneksi P3. Dan koneksi optik P16 menjadi solusi pencegahan congestion dari titik P2. Seluruh perbandingan utilisasi koneksi ini dapat dilihat dari Tabel 10.

SEBELUM REWIRING						SETELAH REWIRING						
Kode	Utilisasi (Mbps)	Bandwidth (Mbps)	Persentase	Kondisi		Kode	Utilisasi (Mbps)	Bandwidth (Mbps)	Persentase	Kondisi	Pemecahan Masalah	
P11	164.54	100	165%	CONGEST	➔	P11	172.86	1000	17%	OK	Pengubahan koneksi FE menjadi GE	
P11	226.76	100	227%	CONGEST		P11	85.3	1000	9%	OK	Pengubahan koneksi FE menjadi GE	
P11	226.76	100	227%	CONGEST		P11	0	1000	0%	OK	Implementasi koneksi P12 dan P13	
P11	230.54	100	231%	CONGEST		P11	72.93	1000	7%	OK	Pengubahan koneksi FE menjadi GE	
P11	230.54	100	231%	CONGEST		P11	0	1000	0%	OK	Implementasi koneksi P14	
P11	248.38	100	248%	CONGEST		P11	20.32	100	20%	OK	Implementasi koneksi P14	
P11	500.54	100	501%	CONGEST		P11	148.61	1000	15%	OK	Pengubahan koneksi FE menjadi GE	
P11	649.59	100	650%	CONGEST		P11	289.22	1000	29%	OK	Pengubahan koneksi FE menjadi GE	

Tabel 10 : Perbandingan keadaan sebelum dan sesudah rewiring pada titik congestion

Dari Tabel 10, dapat disimpulkan bahwa permasalahan congestion pada site Sawangan sudah dipecahkan setelah implementasi rewiring.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Modifikasi koneksi pada perangkat dalam sistem jaringan dapat menurunkan congestion hingga masing-masing koneksi

- dapat mencapai utilisasi kurang dari 70%
2. Penambahan bandwidth dengan pemanfaatan kabel optik pada port berkapasitas 1000 Mbps menggantikan kabel ethernet yang hanya berkapasitas 100 Mbps dapat menjadi cara mengurangi congestion.
 3. Pada perangkat MLTN 6p, penggunaan kabel optik per port berkontribusi sebesar 4,17% dari kapasitas packet switching perangkat.
 4. Pada perangkat iPaso, 3,13% (iPaso 400), 2,5% (iPaso 400A), dan 1,67% (iPaso 1000) dari kapasitas packet switching perangkat.
 5. Peningkatan kapasitas sebesar 900% dengan memanfaatkan port dan kabel optik, hanya menambah kontribusi < 5% dari kemampuan *packet switching* maksimal dari perangkat microwave.
 6. Perubahan topologi dengan memperhitungkan kemampuan *packet switching* perangkat dapat dijadikan sebagai salah satu konsep efektif dalam menghilangkan *congestion*.
 7. Metode *rewiring* memungkinkan perubahan topologi *daisy chain* menjadi topologi *hybrid* sehingga pemecahan masalah congestion dapat dilakukan.
 8. Topologi *hybrid* terbukti lebih handal dalam mengatasi permasalahan *congestion*, dan juga dapat mengatasi dan beradaptasi terhadap peningkatan trafik dan ekspansi jaringan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bauer, David and David Clark, William Lehr. 2009. *The Evolution of Internet Congestion*, Massachusetts Institute of Technology
- [2] Peterson, L. L. and B.S. Davie. 2007. *Computer Networks: A Systems Approach*, Fourth Edition, Morgan Kaufmann: New York.
- [3] Sophia, Mughele E., Wole Olatakun and Tunde Adegbola. 2012. *Congestion Control Mechanism and Patterns of Call Distribution in GSM Telecommunication Networks*, African Journal of Computing & ICT, Vol 5 no. 1 page 30-31
- [4] Comcast . 2008. *Comments of Comcast Corporation*. Feb 2008.
- [5] Ravali, P. 2013. *A Comparative Evaluation of OSI and TCP / IP Models*, Department of Computer Science and Engineering, Amrita Vishwa Vidhyapeetham, Bengaluru.
- [6] Hanstead, Tom. 2013. *Network Topologies*. (<https://www.slideshare.net/tomhanstead/network-topologies-17356345>). Diakses 20 Desember 2016.
- [7] Santra, Santanu and Pinaki Pratim Acharjya. 2013. *A Study And Analysis on Computer Network Topology For Data Communication*. Department of Computer Science and Engineering, Bengal Institute of Technology and Management.
- [8] Wu, Wenfei, Scott Shenker, et al. *PRAN: Programmable Radio Access Networks*. Bell-Labs. Alcatel Lucent. Berkeley University.

[9] Bu, Tian, Mun Choon Chan and Ramachandran Ramjee. *Designing Wireless Radio Access Networks for Third Generation Cellular Networks*. Bell Laboratories. Department of Computer Science. National University of Singapore.

[10] Alcatel Lucent Strategic White Paper. 2009. *The LTE Network Architecture : A Comprehensive Tutorial*. Alcatel Lucent. French.

[11] Internetworking Technology Overview. 1999. *Internet Protocols*. CISCO Press.

[12] Pal, Gyan Prakash and Sadhana Pal. 2013. *Virtual Local Area Network*. Faculty of Electronics and Communication Engineering Department. Greater Noida. India.

[13] Hidayat, Alvinur and Iwan Iskandar. 2015. *Analisa Quality of Service (QoS) Jaringan Internet Kampus*. Teknik Informatika. UIN Sultan Syarif Kasim. Riau