

“TEKNIK ADMISSION CONTROL BERDASARKAN KONDISI KETERSEDIAAN BANDWIDTH PADA JARINGAN SMALL-CELL LTE”

Belinda Halya¹, Rina Pudji Astuti², Hadi Hariyanto³

^{1,2}Fakultas Elektro dan Komunikasi, Institut Teknologi Telkom Bandung

Jl. Telekomunikasi No.1, Dayeuhkolot, Bandung 40257 Indonesia

³Lab Wireless Telkom Research Development Centre, Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir No 47, Bandung Indonesia

belindahalya@ymail.com¹, rpa@ittelkom.ac.id², hadiy@telkom.co.id³

ABSTRAK

Metode *Admission Control* merupakan suatu proses validasi yang digunakan untuk proses pemeriksaan sebelum membuat pelayanan yang baru untuk melihat performansi apakah kondisi pelayanan saat ini masih memungkinkan untuk menerima pelanggan baru. Pengklasifikasian suatu layanan berdasarkan prioritas dan ketersediaan bandwidth dalam upaya menganalisis performansi kanal trafik pada jaringan yang kompleks. Kondisi jaringan merupakan hal yang sulit untuk diprediksi, ketika terdapat trafik pada jaringan yang dibanjiri oleh user, maka berdampak dengan terjadinya drop pada kanal trafik oleh karena itu dibutuhkan suatu metode yang dapat mengetahui performansi agar dapat diambil penanganan dengan tepat.

Berdasarkan masalah serta untuk menopang metode *admission control* diatas maka perlu diketahui kualitas kanal trafik pada jaringan yang dilakukan dengan menggunakan pengukuran langsung menggunakan tool *Assolo* dan *pathchirp* untuk mengetahui *Available Bandwidth Estimation* yaitu dengan konsep PRM (*Probe Rate Model*) yang menggunakan *induced congestion* dan untuk tool *PathChirp* yang menggunakan prinsip *SloPS (Self Loading Periodic Streams)*. Perkembangan dari *PathChirp* adalah *Assolo* yang dikembangkan dengan memvariasikan kecepatan rangkaian yang ada didalam *chirp* menggunakan prinsip *REACH (Reflected Exponential Chirp)*, kedua tool tersebut merupakan source code dalam bentuk C++ dan dijalankan secara komputerasi pada sistem operasi Ubuntu dengan kondisi Real Time, selanjutnya hasil keluaran dari tool *assolo* dan *pathchirp* akan dibandingkan dengan hasil trafik yang diperoleh dari PRTG yang sebelumnya (*Paessler Router Traffic Grapher*) guna hasil perbandingan diperlukan untuk verifikasi hasil dari tool *assolo* dan *pathchirp*.

Admission control dilakukan untuk mengetahui layanan mana yang bisa dilewatkan ataupun didahulukan untuk tiap kualitas jaringan yang tersedia dengan menggunakan metode yang sesuai dalam OPNET Modeller versi 17.1 *licensed version* sehingga didapatkan prioritas untuk layanan yang akan dilewatkan.

Berdasarkan hasil pengukuran, didapatkan bahwa tool *Assolo* dan *PathChirp* dapat digunakan untuk melihat kondisi bandwidth yang ada pada jaringan dan teknik *admission control* dilakukan dengan memperlihatkan *background traffic* pada RDC TELKOM lantai 3 yang umumnya relatif cukup padat. *Link intranet* mengalami pembebanan maksimal 81,91 Mbps atau sekitar 81,91% dari kapasitas *bandwidth 100 Mbps*. *Link Internet* dengan kapasitas maksimum 10 Mbps mengalami pembebanan maksimal sebesar 9,15 Mbps setara dengan 91,5 %. Performansi *Assolo* lebih baik dalam segi range kecepatan jika dibandingkan dengan *PathChirp*, *Assolo* memiliki kecepatan yang lebih cepat sebesar 2,655 kali dan memiliki akurasi yang lebih baik. Tool *Available Bandwidth Estimation* dengan menggunakan *Assolo* dapat dilakukan karena telah dibandingkan dengan PRTG (*Paessler Router Traffic Grapher*) dan menghasilkan persentase error sebesar 3,71%.

Proses *Admission Control* dengan *background trafik Poisson* yang dilakukan berhasil dengan *admitted 100%* dan prioritas untuk layanan berhasil dilakukan. Proses *Admission Control* dengan *background trafik Realtime* lantai 3 RDC TELKOM memperoleh besar *Quality of Service (QoS)* memiliki delay uplink sebesar 28,98 μ s dan besar delay downlink 58,059 μ s. Besar *Throughput* rata-rata downlink bernilai 75,264 Mbps dan 47,006 Mbps untuk nilai *Throughput* uplink dari kapasitas maximum link sebesar 100 Mbps. Besar *packet loss* yang dihasilkan mencapai rata-rata sebesar 37,44 %.

Dari hasil simulasi, diperoleh nilai MOS untuk layanan VoIP memiliki rata-rata sebesar 4,3232 menyatakan bahwa kualitas memuaskan, nilai Jitter VoIP bernilai rata-rata sebesar 5,76 μ s sedangkan besar delay end to end dengan rata-rata sebesar 0,0692 s.

Kata kunci : *available bandwidth estimation, admission control, small-cell, LTE*

ABSTRACT

Method of Admission Control is a validation process that is used for the inspection process before creating a new service to see if the conditions of service performance is still possible to accept new customers. The classification of a service based on priority and availability of bandwidth in order to analyze the performance of canal traffic in complex networks. Network conditions is difficult to predict when there is traffic on the network is flooded by the user, then impacted by the drop in premium traffic is therefore a need for a method that can determine the performance that can be taken with proper handling.

Based on the problem as well as to support the admission control method described above, keep in mind the quality of canal traffic on the network is done by using direct measurement using tools and pathchirp Assolo Available Bandwidth Estimation to know that the concept of PRM (Probe Rate Model) using induced congestion and to tool PathChirp which uses the principle of slops (Self Loading Periodic Streams). The development of PathChirp is Assolo developed by varying the speed of the circuit is in Chirp using the principle of REACH (Reflected Exponential Chirp), the second tool is the source code in the form of C++ and run in a computerized operating system Ubuntu with the condition Real Time, then the output of pathchirp assolo tool and traffic will be compared with results obtained from a previous PRTG (Paessler Router Traffic Grapher) to the results of comparisons needed to verify the results of the tool assolo and pathchirp.

Admission control performed to determine which services can be passed or precedence to any available network quality using appropriate methods in OPNET Modeller version 17.1 licensed version so we get priority for services to be missed.

Based on the measurements, it was found that the tool PathChirp Assolo and can be used to see the conditions that exist on the network bandwidth and admission control techniques by demonstrating TELKOM RDC background traffic on the 3rd floor which is relatively quite solid. Link intranet experience of loading up 81.91 Mbps, or about 81.91% of the bandwidth capacity of 100 Mbps. Internet link with a maximum capacity of 10 Mbps experienced 9.15 Mbps maximum load equal to 91.5%. Assolo better performance in terms of speed when compared with the range PathChirp. Assolo has a speed of 2.655 times faster and has better accuracy. Available Bandwidth Estimation Tool using Assolo to do because it has been compared with PRTG (Paessler Router Traffic Grapher) and the percentage error of 3.71%.

Admission Control Process with Poisson background traffic are done successfully with 100% admitted and priority for services performed successfully. Admission Process Control with background traffic Realtime 3rd floor RDC TELKOM obtained the Quality of Service (QoS) has a delay of 28.98 μ s uplink and the downlink delay 58.059 μ s. Throughput average value 75.264 Mbps downlink and 47.006 Mbps for uplink throughput value of the maximum link capacity of 100 Mbps. Packet loss generated an average of 37.44%.

From the simulation results, the value of MOS for the VoIP service has an average of 4.3232 stated that satisfactory quality, VoIP Jitter value is worth an average of 5.76 μ s, while the end-to-end delay by an average of 0.0692 s.

Keywords: *available bandwidth estimation, admission control, small-cell, LTE*

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini, perkembangan teknologi telekomunikasi semakin mengarah pada jaringan yang berbasis layanan *broadband*. Semakin banyaknya kebutuhan akan komunikasi khususnya penggunaan layanan komunikasi *broadband*, sehingga memaksa penyedia layanan *broadband* untuk meningkatkan kemampuan pelayanan terhadap user agar dapat memberikan kualitas terbaik kepada user sehingga dalam perjalanannya mampu menangani trafik yang dibanjiri oleh user dengan mengontrol resource yang datang, selanjutnya dari resource tersebut akan ditentukan mana yang akan dilayani dan mana yang tidak dilayani dengan menggunakan metode *admission control*.

Sebelum melakukan proses *Admission control*, terlebih dahulu dilakukan pengukuran langsung menggunakan *Assolo* guna mengetahui *Available Bandwidth Estimasi* pada jaringan yang realtime sehingga dapat mengoptimalkan proses pengiriman data yang selanjutnya dapat memenuhi layanan *broadband* yang diinginkan oleh user dengan baik dan efisien.

Alasan pemilihan judul ini adalah dikarenakan semata-mata untuk melengkapi atau lebih memaksimalkan lagi pemberi layanan untuk memberikan kualitas terbaik bagi setiap user dengan cara memberikan user performansi kanal yang termanajemen dengan baik, sehingga didalamnya user yang satu dengan yang lainnya tidak akan saling mengganggu walaupun trafik dalam kondisi yang padat, dan untuk menjalankan system tersebut dapat diaplikasikan menggunakan metode *admission control* yang selanjutnya dimasukkan pada simulasi jaringan *small-cell LTE*.

Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran langsung menggunakan tool *Assolo* dan *PathChirp* guna mengetahui *Available Bandwidth Estimation (ABE)* yang dikomputerisasi menggunakan *operating system* *Ubuntu* dengan kondisi *Real Time* dan hasil keluaran dari pengukuran dibandingkan dengan hasil trafik yang diperoleh *PRTG (Peassler Router Traffic Grapher)* untuk verifikasi akurasi tool *Assolo* yang selanjutnya menjadi masukan dari proses *admission control*.

Selanjutnya *Admission Control* dilakukan untuk mengetahui performansi kanal (*delay, jitter, throughput, packet loss*) setelah performansi diketahui maka akan dilakukan pemilihan request mana yang bisa diterima ataupun ditolak oleh *Admission Control* yang sesuai dalam modul *OPNET Modeller 17.1 licensed version*.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah agar system jaringan yang sudah ada (*W-LAN* berbasis *HSDPA, HPA, UMTS, EDGE, CDMA*) maupun system jaringan yang akan datang (*Small-Cell* berbasis *LTE*) mampu menjaga dan mengoptimalkan performansinya sehingga para User yang menggunakan layanan *broadband* dapat menikmati layanannya dengan kualitas terbaik dan juga melalui penelitian ini diharapkan mampu membuat layanan *broadband* dapat berlangsung lebih efektif dan efisien lagi.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka masalah yang akan diteliti dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana topologi jaringan yang akan digunakan untuk Tugas Akhir;
2. Berapa besar bandwidth yang tersedia dari hasil pengukuran dengan menggunakan tool *Assolo* dan *PathChirp*;
3. Bagaimana proses *admission control* dilakukan dalam *OPNET Modeller 17.1 licensed version* dan menganalisa *Quality of Service (QoS)* yang didapatkan.

1.4 Batasan Masalah

Adapun yang menjadi batasan masalah tugas akhir ini meliputi :

1. Pengukuran langsung dilakukan untuk mengetahui ketersediaan *bandwidth* pada jaringan menggunakan *Available Bandwidth Estimation* dengan tool *PathChirp* dan *Assolo*;
2. Untuk verifikasi akurasi tool *Assolo* dan *PathChirp* digunakan *PRTG (Peassler Router Traffic Grapher)*;
3. Pengukuran langsung dilakukan pada jaringan intranet dan internet RDC TELKOM lantai 3 gedung utama;
4. Simulasi menggunakan *OPNET Modeller 17.1 licensed version*;
5. Parameter simulasi yang akan dicari melalui proses *admission control* yaitu :
 - a. *Throughput*
 - b. *Packet loss*
 - c. *Time (Delay)*
 - d. *Jitter*

II DASAR TEORI

2.1 ADMISSION CONTROL

Peningkatan pelanggan pada jaringan menyebabkan kelebihan beban atau trafik yang berpengaruh pada utilitas jaringan. *Admission Control* dapat digunakan untuk menyeimbangkan antara trafik dengan banyaknya pelanggan dengan tujuan memaksimalkan pemanfaatan bandwidth dan memastikan penggunaan prioritas layanan untuk pelanggan.

Admission Control adalah sebuah proses validasi yang digunakan dalam sistem komunikasi di mana sebuah pemeriksaan dilakukan terlebih dahulu sebelum membuat sumber daya baru untuk melihat performansi apakah kondisi saat ini atau apakah kondisi sumber daya saat ini sudah cukup untuk menciptakan sumber daya yang baru.

Sumber daya yang dimaksud pada penelitian ini meliputi layanan-layanan yang akan digunakan pada jaringan *broadband* seperti *voice, video, http, e-mail, FTP* dan lain sebagainya.

Metode yang akan digunakan dalam proses *admission control* ini menggunakan konsep *CAC (Call Admission Control)*.

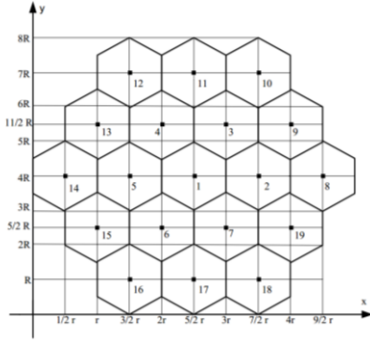
2.1.1 Call Admission Control

CAC atau *Call Admission Control* adalah suatu proses untuk mengatur trafik yang akan diterima atau ditolak berdasarkan ketentuan yang telah ditetapkan sebelumnya. *CAC* digunakan untuk menjamin pelanggan baru mendapatkan *Quality Of Service (QoS)* yang sama bagusnya dengan pelanggan yang sudah aktif. *CAC* dapat menolak trafik baru jika sumber yang tersedia dalam sistem sudah penuh. *CAC* harus dapat menjamin *Grade Of Service (GOS)* yaitu *blocking rate* dan *Quality Of Service (QoS)* yaitu *loss probability*.

CAC dibagi dalam dua jenis, yaitu *NCAC* berdasarkan jumlah pelanggan dan *ICAC* berdasarkan interferensi. Beberapa parameter yang digunakan dalam simulasi *CAC* antara lain daerah layanan yang dibagi menjadi 19 sel heksagonal dengan ukuran yang sama, antenna omni yang digunakan untuk *base station*, setiap mobile station akan dilayani oleh *base station* dalam sel yang sama dan memiliki *power control* yang sama, tidak dimodelkan aktifitas suara, pelanggan yang diam atau tidak bergerak.

2.1.2 Posisi User

Posisi *user* atau pelanggan dalam sel akan sangat menentukan kualitas komunikasi pelanggan. Posisi sangat berhubungan dengan jarak antara pelanggan dengan seluruh *base station* dan jarak antara pelanggan dengan *base station home cell*. Digunakan sel heksagonal karena bentuknya yang mempunyai luas wilayah cakupan yang paling besar dibanding sel lainnya.



Gambar 2.1 Arsitektur sel simulasi [8]

Penentuan posisi dilakukan secara acak, tetapi masih terdapat di dalam lingkaran sel. Untuk menentukan koordinat pelanggan pada masing-masing sel, digunakan persamaan sebagai berikut :

$$x_n = \left(\text{jumlah user} \times \left(\frac{2r}{\sqrt{3}} \right) \right) + \left(xx_n - \frac{r}{\sqrt{3}} \right) \quad (2.1)$$

$$y_n = \left(\text{jumlah user} \times \left(\frac{2r}{\sqrt{3}} \right) \right) + \left(yy_n - \frac{r}{\sqrt{3}} \right) \quad (2.2)$$

Dimana :

x_n = Koordinat x pelanggan di sel ke-

n

y_n = Koordinat y pelanggan di sel ke-

n

xx_n = Koordinat x base station sel ke-n

yy_n = Koordinat y base station sel ke-n

jumlah user = jumlah pelanggan per sel dengan pembangkitan bilangan acak

berdistribusi uniform (0-1)

$\frac{2r}{\sqrt{3}}$ = lebar distribusi uniform

$\left(xx \frac{r}{\sqrt{3}} \right)$ = batas bawah koordinat x

$\left(yy \frac{r}{\sqrt{3}} \right)$ = batas bawah koordinat y

r = jarak antar sel = $R\sqrt{3}$

R = jari-jari sel

Dari persamaan diatas dapat dihitung jarak pelanggan dengan seluruh base station (r_{in}) dan jarak pelanggan dengan base station home cell-nya (r_{ih}) dengan persamaan sebagai berikut :

$$r_{ik} = \sqrt{(X_k - xx_k)^2 + (Y_k - yy_k)^2} \quad (2.3)$$

$$r_{ih} = \sqrt{(X_k - xx_{ih})^2 + (Y_k - yy_{ih})^2} \quad (2.4)$$

dimana:

r_{ih} = jarak antara user dengan base station home cell-nya

xx_{ih} = koordinat x base station home cell

yy_{ih} = koordinat y base station home cell

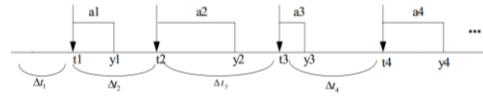
Penentuan base station home cell ini dipengaruhi oleh faktor *lognormal shadowing*, sehingga penentuan base station mana yang melayani dengan mengecek redaman terkecil, dengan rumusan sebagai berikut:

$$\Gamma(r) = 10^{\epsilon/10} r^{-\alpha} \quad (2.5)$$

Dimana ϵ adalah distribusi normal dengan mean nol dan standar deviasi σ adalah 8 dan α adalah 4.

2.1.3 Pembangkitan Trafik

Laju kedatangan panggilan dan waktu pendudukan tiap pelanggan dibangkitkan secara distribusi eksponensial negatif.



Gambar 2.2 Distribusi Trafik [8]

Gambar diatas merupakan bentuk trafik untuk satu pelanggan, dimana :

t_n = waktu kedatangan
 y_n = waktu berakhirnya kedatangan
 a_n = waktu pendudukan
 Δt_n = waktu antar kedatangan

Dengan mengetahui lamanya waktu pendudukan ini maka dapat diketahui saat suatu pelanggan mulai melakukan panggilan, maka dapat diketahui pula pada saat yang sama pelanggan mana saja yang sedang aktif melakukan panggilan. Kemudian pelanggan aktif tersebut akan menginterferensi pelanggan yang mulai melakukan panggilan. Pengaruh nilai interferensi ini kemudian dapat dihitung dengan nilai SIR.

2.1.4 Menghitung SIR

Signal to Interference Ratio (SIR) diukur pada base station sel k, SIR_k adalah perbandingan daya sinyal mobile station dengan penjumlahan daya dari semua mobile station yang menyebabkan interferensi, dan dirumuskan sebagai berikut :

$$SIR_k = \frac{S}{I(k)-S}$$

$$= \frac{1}{n_k - 1 + \left(\sum_{h \neq k} n_h \left(\frac{r_{ih}}{r_{ik}} \right)^\alpha 10^{(\epsilon_{ik} - \epsilon_{ih})/10} \right)} \quad (2.6)$$

dimana:

n_k = jumlah user aktif pada sel ke-k (sel yang diamati)

r_{ih} = jarak user sel tetangga dgn base station home cell-nya

r_{ik} = jarak user sel tetangga dengan base station sel ke-k (sel yang diamati)

$\alpha = 4$

2.1.5 Menghitung Residual Capacity (R_k)

Algoritma yang digunakan untuk menghitung Residual Capacity (R_k) adalah dengan pengukuran SIR pada sel lokal (sel yang diamati) dan SIR dari sel tetangganya. Algoritma tersebut akan dirumuskan sebagai berikut:

$\frac{3}{4}$ Base station pada setiap sel $k \in g$, mengukur reverse link SIR_k secara periodik dan juga mengukur reverse link SIR_k pada sel tetangganya. $\frac{3}{4}$ Residual Capacity (R_k) pada sel $k \in g$ kemudian diestimasi dan diupdate berdasarkan persamaan berikut ini:

$$R_k = \begin{cases} \min\{R_k^{(j)} | j \in g(k)\} & \text{jika } j = k \\ 0 & \text{yang lainnya} \end{cases} \quad (2.7)$$

Dimana:

$$R_k^{(j)} = \begin{cases} \left\lfloor \frac{1}{SIR_{TH}} - \frac{i}{SIR_k} \right\rfloor & \text{jika } j = k \\ \left\lfloor \frac{1}{\beta} \left(\frac{1}{SIR_{TH}} - \frac{1}{SIR_j} \right) \right\rfloor & \text{jika } j \in g(k) \end{cases} \quad (2.8)$$

Dimana:

$\min\{x\}$ didefinisikan sebagai nilai minimum x

$g(k)$ = subset sel yang terdiri dari sel k dan sel tetangganya

$g(k)(k)$ = subset sel yang terdiri dari hanya sel tetangga k

β = harga rata-rata interferensi dari user sel tetangga k

2.1.6 Probabilitas Blocking

Probabilitas blocking ini adalah perbandingan antara jumlah panggilan yang ditolak terhadap jumlah panggilan seluruhnya. Probabilitas blocking dapat dihitung berdasarkan nilai residual capacity (R_k), dan dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{BLK}(k) = P_r(R_k = 0) \quad (2.9)$$

$$P_{BLK}(k) = \frac{\text{jumlah panggilan yang ditolak}}{\text{jumlah panggilan total}} \quad (2.10)$$

2.1.7 Probabilitas Outage

Probabilitas outage adalah perbandingan antara jumlah panggilan yang didrop terhadap jumlah panggilan seluruhnya. Probabilitas outage dapat dihitung berdasarkan nilai Eb/No, dan dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{out}(k) = Pr\left\{\frac{Eb}{No} < EIR_0\right\} \quad (2.11)$$

$$P_{out}(k) = \frac{\text{jumlah panggilan didrop}}{\text{jumlah panggilan total}} \quad (2.12)$$

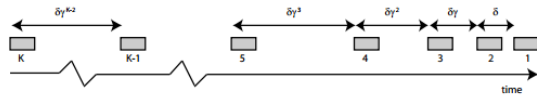
Dimana:

$$\frac{Eb}{No} = SIR \times PG$$

$$PG (\text{processing gain}) = 390,625 (26 \text{ dB})$$

PathChirp

Estimasi PathChirp dengan parameter ketersediaan bandwidth sepanjang link pada jaringan diklasifikasikan dengan menggunakan paket chirps ($m=1,2,\dots$) dari pengirim ke penerima dan dengan dilakukan analisa pada sisi penerima.



Gambar 2.5 Urutan PathChirp yang biasa disebut chirps

Gambar diatas menggambarkan ilustrasi dari setiap chirp dengan γ sebagai factor penyebaran untuk menentukan waktu antara dua celah paket yang datang, secara matematis, persamaan dari setiap urutan data yang datang dapat didefinisikan sebagai :

$$R_k = \frac{p}{T_k} = \frac{p}{\delta \gamma^k} \quad k = 0, 1, \dots, k - 2 \quad (2.23)$$

Dengan T_k adalah celah yang terdapat pada waktu pengukuran dan δ adalah celah antara dua paket yang berdekatan secara berurutan. Nilai yang diperoleh seketika dapat berubah dalam setiap urutan paket yang datang.

Estimasi yang dilakukan oleh PathChirp menggunakan queuing delay yang meningkat sepanjang waktu karena menggunakan konsep cross-traffic yang menunjukkan perlakuan yang meningkat drastic seperti ledakan. Terjadinya penyimpangan delay terjadi sampai nilai yang diperoleh dari ketersediaan bandwidth stabil maka delay akan terus meningkat. Persamaan antara queuing delay dengan nilai atau besaran paket dan juga kaitan dengan besar bandwidth yang tersedia adalah sebagai berikut.^[11]

$$\begin{cases} q_k < q_{k+1} & \text{jika } R_k > AvBw \\ q_k = 0 & \text{jika } R_k \leq AvBw \end{cases} \quad (2.24)$$

Meskipun pathChirp memberikan estimasi yang tanpa iterasi atau pengulangan, tidak dianggap sebagai Direct probing karena tidak memerlukan informasi dari kapasitas link dan didasarkan pada queuing delay dengan pengukuran yang dilakukan menggunakan konsep Self Loading Periodic Streams dan masuk ke dalam Iterative Probing.

ASSOLO

ASSOLO atau Available Bandwidth Smart Sampling Online Tool adalah perkiraan alat bandwidth yang tersedia yang merupakan perkembangan dari PathChirp. Menggunakan konsep yang sama dengan PathChirp yaitu Self Loading Periodic Streams

namun dengan profil yang terbaru yang disebut REACH (Reflected Exponential Chirp). Konsep ini menguji berbagai tingkat menggunakan aliran paket tunggal dan menambahkan sejumlah trafik ke jaringan. Alat ini memperkenalkan juga beberapa teknik untuk meminimalkan dampak dari berbagai sumber kesalahan estimasi proses.

ASSOLO didasarkan pada konsep self-induced congestion yang merupakan cara yang berbeda dalam menggunakan aliran paket tunggal, dan kemudian menyimpulkan dengan memanfaatkan bandwidth yang tersedia dengan menambahkan informasi tentang delay yang berbeda-beda namun cenderung cepat. Pendekatan ini memiliki keuntungan ganda yaitu tidak memerlukan sinkronisasi ataupun pengetahuan antara end to end topologi jaringannya. Namun, penting untuk mempertimbangkan bahwa paket pertama dari aliran trafik yang datang tidak bertumpukan. Dan paket yang datang pertama kali digunakan sebagai nilai referensi untuk menghitung semua trafik yang datang setelahnya dengan delay yang berbeda.

Nilai maksimum dari akurasi estimasi menggunakan ASSOLO didefinisikan dengan parameter σ . Hubungan dari nilai error S dengan interval pengukuran memiliki rumus matematis sebagai berikut.

$$S = \sigma \left(\frac{u-L}{2} \right) \quad (2.25)$$

Nilai default $\sigma = 5\%$ dengan spread factor $\gamma = 1.2$, apabila kita merubah nilai tetapan tersebut menjadi lebih rendah, maka jumlah paket yang dikirimkan akan lebih banyak namun tingkat akurasi untuk estimasinya akan berkurang. Sebaliknya, apabila kita meningkatkan nilai σ dan γ maka akan meningkatkan nilai akurasi.

Untuk menjelaskan bagaimana nilai celah yang terdapat pada dua hop dengan asumsi end to end jaringan pada ASSOLO, dapat dijelaskan dengan rumus :

$$\Delta_x = S \cdot \gamma^{Lx-1} \quad (2.26)$$

REACH digunakan untuk menyelidiki trafik dengan aliran tunggal, dan lebih akurat dimana bandwidth yang tersedia sebenarnya adalah bandwidth yang dihasilkan dengan tingkat akurasi yang baik.^[8]

III PERANCANGAN SISTEM

Pada BAB III ini akan dijelaskan mengenai pemodelan dan prosedur dari sistem pengukuran langsung dan simulasi dari Admission Control yang dilakukan pada tugas akhir ini. Pemodelan yang digunakan untuk pengukuran secara langsung menggunakan tool Assolo untuk mengetahui ABE (Available Bandwidth Estimation), tool ini tidak membutuhkan akses maupun informasi topologi jaringan yang spesifik, sehingga menjadi daya tarik untuk difokuskan pada metode pengukuran aktif. ABE yang digunakan pada tugas akhir ini adalah PRM (Probe Rate Model) yang menggunakan konsep induced congestion untuk tool PathChirp yang menggunakan prinsip SloPS (Self Loading Periodic Streams).

Perkembangan dari PathChirp adalah Assolo yang dikembangkan dengan memvariasikan kecepatan rangkaian yang ada didalam chirp menggunakan prinsip REACH (Reflected Exponential Chirp) dan Assolo mengirimkan paket-paket dalam bentuk chirp dengan range kecepatan yang lebar dan lebih akurat. PathChirp dan Assolo adalah tool aktif yang memiliki Source Code berbasis C++ dapat dipanggil melalui Ubuntu, hasil keluaran PathChirp dan Assolo berbentuk bandwidth yang akan dibandingkan dengan PRTG (Paessler Router Traffic Grapher) untuk verifikasi akurasi trafik yang realtime.

Setelah prosedur pengukuran langsung selesai dilakukan maka dilanjutkan dengan teknik Admission Control pada OPNET Modeller 17.1 liscence version untuk menentukan bagaimana sumber daya radio yang dialokasikan untuk Guaranteed Bit Rate (GBR) pengirim dapat diaktifkan oleh UE. Prosedur admission control ini dilaksanakan oleh masing-

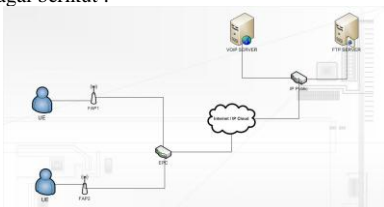
masing eNodeB untuk sel nya. Algoritma *admission control* yang telah menentukan bahwa sumber daya yang diminta oleh pengirim dalam bentuk GBR telah cukup memadai, maka tidak akan diaktifkan. Prosedur *admission control* mengakui pembawa radio GBR jika dan hanya jika dimungkinkan untuk mengalokasikan sumber daya yang diminta untuk media yang baik untuk Uplink dan Downlink. Secara default dalam model OPNET standar saat ini, sebuah EPS GBR Pembawa QoS profile didefinisikan dalam atribut LTE konfigurasi objek. Profile LTE ini tidak memperhitungkan bagaimana media yang benar-benar menggunakan sumber daya yang ditugaskan dalam selnya. Namun, kita dapat menggunakan kemungkinan melalui waktu pemantauan trafik yang *realtime*, QoS dapat dilihat untuk mencerminkan penggunaan trafik *realtime* dari pengirim. Ini akan memastikan bahwa semua pengguna dapat mengklaim sumber trafik yang sama dengan modul *admission control*.

3.1 Pemodelan dan Metode yang digunakan

Pemodelan yang digunakan untuk mengetahui ketersediaan bandwidth pada link untuk tugas akhir ini digunakan dengan melakukan pengukuran secara langsung menggunakan metode ABE (*Available Bandwidth Estimation*), metode ini tidak membutuhkan akses maupun informasi topologi jaringan khusus. Metode ABE yang digunakan pada tugas akhir ini adalah PRM (*Probe Rate Model*) yang menggunakan konsep *induced congestion* untuk tool PathChirp yang menggunakan prinsip SloPS (*Self Loading Periodic Streams*). PathChirp dan Assolo adalah tool yang memiliki Source Code berbasis C++ dan dapat dipanggil melalui Ubuntu dengan pengukuran langsung melalui dua laptop yang dihubungkan secara wireless dan hasil keluaran dari PathChirp dan Assolo menghasilkan ketersediaan bandwidth yang selanjutnya menjadi masukan untuk link pada jaringan yang dibuat dalam OPNET Modeller versi 17.1 *license version* untuk metode *admission control* yang menggunakan konsep CAC (*Call Admission Control*).

3.2 Konfigurasi Sistem

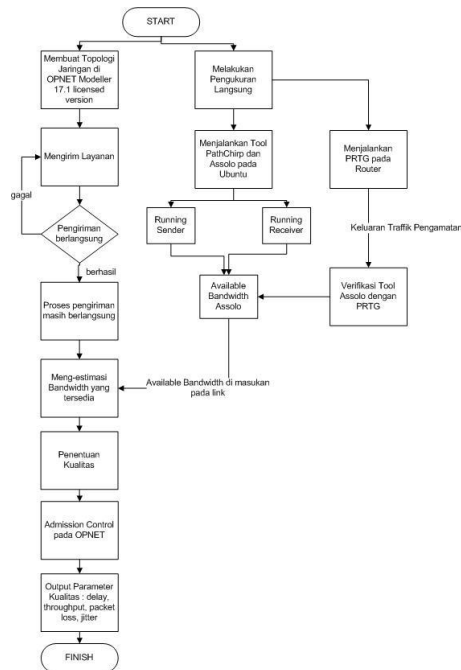
Konfigurasi sistem yang dilakukan dalam tugas akhir adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Konfigurasi Sistem Tugas Akhir

3.3 Diagram Alir

Diagram alir yang pertama adalah diagram alir yang menjelaskan mengenai proses dari pengerjaan Tugas Akhir dan dibuat untuk memudahkan proses pengerjaan agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan harapan. Berikut adalah diagram alir dengan penjelasan proses yang terdapat didalam diagram alir.

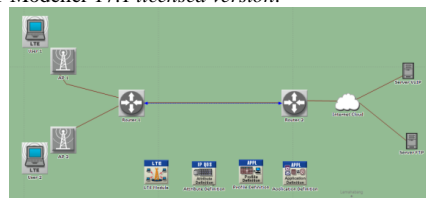


Gambar 3.3 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir

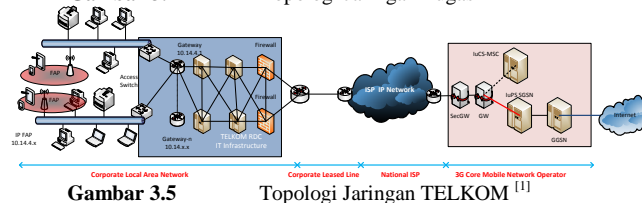
Pengerjaan Tugas Akhir ini dilakukan secara parallel antara pengukuran langsung dengan membuat topologi jaringan yang selanjutnya akan disatukan dalam proses *admission control*. Flowchart atau diagram alir dari pengerjaan tugas akhir diatas akan dideskripsikan secara lebih jelas dan lebih terperinci tiap poinnya seperti dibawah ini.

3.3.1 Membuat Topologi Jaringan

Langkah awal ketika mulai mengerjakan tugas akhir ini adalah membuat topologi jaringan yang maksudnya adalah membuat jaringan secara real yang akan digunakan dalam perancangan jaringan pada tugas akhir ini disertai dengan parameter yang akan diuji dan parameter-parameter yang menjadi bagian pada jaringan, topologi jaringan dibuat pada software OPNET Modeller 17.1 *license version*.



Gambar 3.4 Topologi Jaringan Tugas Akhir



Gambar 3.5 Topologi Jaringan TELKOM^[1]

3.3.2 Mengirim Layanan

Dalam pengiriman layanan yang dimaksud dalam skenario ini adalah pengiriman paket data atau layanan dari pengguna satu ke pengguna lainnya. Layanan yang dilewatkan dalam Tugas Akhir ini berupa layanan voice dan FTP.

3.3.3 Pengiriman Berlangsung

Pada proses pengiriman berlangsung, terdapat dua keputusan yaitu jika pengiriman berhasil dan jika pengiriman gagal

dilakukan, dan bila proses pengiriman gagal dilakukan, proses akan kembali pada pengiriman layanan untuk mengulangi pengiriman dan jika proses pengiriman berhasil dilakukan, proses akan diteruskan kepada tahapan selanjutnya.

3.3.4 Melakukan Pengukuran Langsung

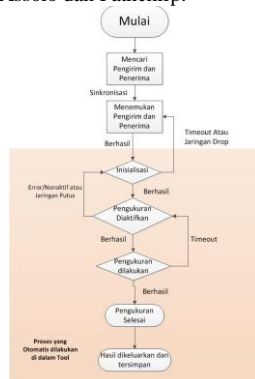
Pada proses ini, dilakukan pengukuran secara langsung menggunakan metode ABE (*Available Bandwidth Estimation*), metode ini tidak membutuhkan akses maupun informasi topologi jaringan yang spesifik karena merupakan pengukuran aktif. Metode ABE yang digunakan pada tugas akhir ini adalah PRM (*Probe Rate Model*) yang menggunakan konsep *induced congestion* untuk tool PathChirp yang menggunakan prinsip SloPS (*Self Loading Periodic Streams*). Dan dilakukan juga kepada tool yang merupakan perkembangan dari PathChirp yaitu Assolo yang dikembangkan dengan memvariasikan kecepatan rangkaian yang ada didalam chirp menggunakan prinsip REACH (*Reflected Exponential Chirp*) dan Assolo mengirimkan paket-paket dalam bentuk chirp dengan range kecepatan yang lebar dan lebih akurat. PathChirp dan Assolo adalah tool aktif yang memiliki Source Code berbasis C++ dan dapat dipanggil melalui Ubuntu, hasil keluaran PathChirp dan Assolo berbentuk bandwidth yang akan dibandingkan dengan PRTG (*Paessler Router Traffic Grapher*) untuk membuktikan trafik yang realtime.

Alur pengiriman proses Assolo dan PathChirp dapat diilustrasikan melalui gambar dibawah ini.



Gambar 3.6 Alur Pengiriman Tool Available Bandwidth Estimation

Dibawah ini adalah diagram alir dari proses pengukuran langsung melalui Assolo dan Pathchirp.



Gambar 3.7 Diagram Alir Tool Available Bandwidth Estimation

Sinkronisasi

Proses ini dilakukan setelah tool PathChirp dan Assolo telah dimasukkan pada laptop yang akan digunakan menjadi sender dan receiver. Untuk menjalankan program, perlu dimasukan perintah secara manual pada terminal linux GNU / Ubuntu.

Setelah sinkronisasi dilakukan, masuk kepada proses yang otomatis dilakukan didalam tool baik PathChirp maupun Assolo. Hasil keluaran secara otomatis tersimpan pada computer master dan memiliki format sebagai berikut.

3.3.5 Perbandingan Hasil Menggunakan PRTG

PRTG (*Paessler Router Traffic Grapher*) merupakan alat pemantau jaringan yang dapat melakukan monitoring utilisasi jaringan pada PC atau laptop. PRTG dilakukan untuk memantau bandwidth yang terpakai dengan cara mengakumulasikan pemakaian bandwidth dalam hitungan jam, hari, minggu, bulan, dan tahun sesuai dengan keperluan. Berikut tahapan penggunaan PRTG pada Tugas Akhir.

3.3.6 Meng-estimasi Bandwidth yang tersedia

Setelah proses pengukuran langsung selesai dilakukan, *available bandwidth* yang didapatkan pada hasil keluaran pengukuran tersebut dapat diestimasi sehingga setelah ini dapat masuk pada proses penentuan kualitas.

3.3.7 Penentuan Kualitas

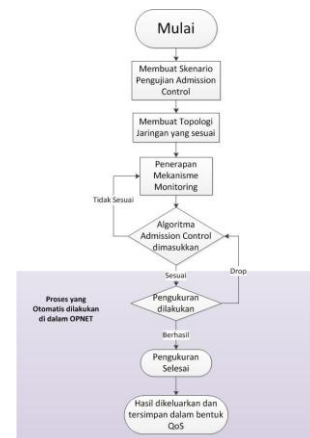
Dalam penentuan kualitas dilihat apakah selanjutnya dapat dilakukan proses *admission control* dengan ketersediaan bandwidth untuk menentukan user yang dapat melakukan layanan.

3.3.8 Admission Control

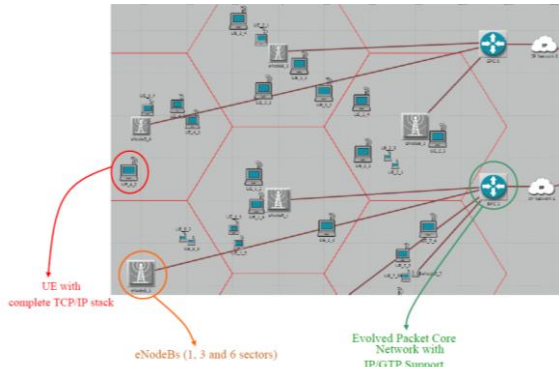
Setelah prosedur pengukuran langsung dengan kedua tool selesai dilakukan maka dilanjutkan pada penentuan kualitas dan setelah itu dilanjutkan dengan metode *Admission Control* dengan menggunakan OPNET Modeller 17.1 *licensed version* untuk menentukan bagaimana sumber daya radio yang dialokasikan untuk *Guaranteed Bit Rate* (GBR) pengirim dapat diaktifkan oleh UE.

Prosedur *admission control* ini dilaksanakan oleh masing-masing eNodeB untuk sel nya. Algoritma *admission control* yang telah menentukan bahwa sumber daya yang diminta oleh pengirim dalam bentuk GBR telah cukup memadai, maka tidak akan diaktifkan.

Prosedur *admission control* mengakui pembawa radio GBR jika dan hanya jika dimungkinkan untuk mengalokasikan sumber daya yang diminta untuk media yang baik untuk Uplink dan Downlink. Secara default dalam model OPNET standar saat ini, sebuah EPS GBR Pembawa QoS profile didefinisikan dalam atribut LTE konfigurasi objek. Ini tidak memperhitungkan bagaimana media yang benar-benar menggunakan sumber daya yang ditugaskan dalam selnya. Namun, kita dapat menggunakan kemungkinan melalui waktu pemantauan trafik yang realtime. QoS dapat dilihat untuk mencerminkan penggunaan trafik realtime dari pengirim. Ini akan memastikan bahwa semua pengguna dapat mengklaim sumber trafik yang sama dengan modul *admission control*.



Gambar 3.12 Diagram Alir Proses Admission Control



Gambar 3.13 Arsitektur Jaringan Admission Control

```

1807 .....
1808 .....
1809 .....
1810 .....
1811 .....
1812 .....
1813 .....
1814 .....
1815 .....
1816 .....
1817 .....
1818 .....
1819 .....
1820 .....
1821 .....
1822 .....
1823 .....
1824 .....
1825 .....
1826 .....
1827 .....
1828 .....
1829 .....
1830 .....
1831 .....
1832 .....
1833 .....
1834 .....
1835 .....
1836 .....
1837 .....
1838 .....
1839 .....
1840 .....
1841 .....
1842 .....
1843 .....
1844 .....
1845 .....
1846 .....
1847 .....
1848 .....
1849 .....
1850 .....
1851 .....
1852 .....
1853 .....
1854 .....
1855 .....
1856 .....
1857 .....
1858 .....
1859 .....
1860 .....
1861 .....
1862 .....
1863 .....
1864 .....
1865 .....
1866 .....
1867 .....
1868 .....
1869 .....
1870 .....
1871 .....
1872 .....
1873 .....
1874 .....
1875 .....
1876 .....
1877 .....
1878 .....
1879 .....
1880 .....
1881 .....
1882 .....
1883 .....
1884 .....
1885 .....
1886 .....
1887 .....
1888 .....
1889 .....
1890 .....
1891 .....
1892 .....
1893 .....
1894 .....
1895 .....
1896 .....
1897 .....
1898 .....
1899 .....
1900 .....
1901 .....
1902 .....
1903 .....
1904 .....
1905 .....
1906 .....
1907 .....
1908 .....
1909 .....
1910 .....
1911 .....
1912 .....
1913 .....
1914 .....
1915 .....
1916 .....
1917 .....
1918 .....
1919 .....
1920 .....
1921 .....
1922 .....
1923 .....
1924 .....
1925 .....
1926 .....
1927 .....
1928 .....
1929 .....
1930 .....
1931 .....
1932 .....
1933 .....
1934 .....
1935 .....
1936 .....
1937 .....
1938 .....
1939 .....
1940 .....
1941 .....
1942 .....
1943 .....
1944 .....
1945 .....
1946 .....
1947 .....
1948 .....
1949 .....
1950 .....
1951 .....
1952 .....
1953 .....
1954 .....
1955 .....
1956 .....
1957 .....
1958 .....
1959 .....
1960 .....
1961 .....
1962 .....
1963 .....
1964 .....
1965 .....
1966 .....
1967 .....
1968 .....
1969 .....
1970 .....
1971 .....
1972 .....
1973 .....
1974 .....
1975 .....
1976 .....
1977 .....
1978 .....
1979 .....
1980 .....
1981 .....
1982 .....
1983 .....
1984 .....
1985 .....
1986 .....
1987 .....
1988 .....
1989 .....
1990 .....
1991 .....
1992 .....
1993 .....
1994 .....
1995 .....
1996 .....
1997 .....
1998 .....
1999 .....
2000 .....

```

Gambar 3.14 Algoritma Admission Control pada OPNET

Gambar diatas menunjukkan arsitektur jaringan pada modul admission control, algoritma admission control yang dimasukkan pada topologi jaringan yang dibuat pada OPNET Modeller 17.1 licensed version.

Gambar 3.15 Definisi EPS Bearer

Gambar diatas menjelaskan definisi untuk EPS (Evolved Packet System) berisi tentang bagian dari transmisi paket untuk setiap layanan yang akan diatur prioritasnya, dan pada modul ini dapat dipilih mengenai quality, capacity, delay untuk setiap layanan user maupun server. Tabel dibawah ini merupakan standarisasi dari 3GPP TS 23.203 "Policy and charging control architecture" yang menjelaskan Quality Class Identifier atau identifikasi kelas untuk setiap kualitas baik Uplink atau Downlink Guaranteed Bit Rate (GBR) maupun Non-Guaranteed Bit Rate (NGBR).

Tabel dibawah ini merupakan identifikasi kelas untuk kualitas layanan dengan prioritas yang terdapat pada modul OPNET Modeller 17.1 licensed version dengan services atau layanan yang sesuai dengan prioritasnya.

Nomor untuk prioritas adalah 1 sampai 9 yang memiliki tipe resource GBR dan Non-GBR dengan besar delay dan packet error yang berbeda seperti terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.1 Quality Class Identifier Layanan

QCI	Resource Type	Priority	Packet Delay Budget	Packet Error Loss Rate	Example Services
1	GBR	2	100 ms	10 ⁻²	Conversational Voice
2		4	150 ms	10 ⁻³	Conversational Video (live streaming)
3		3	50 ms	10 ⁻³	Real-Time Gaming
4		5	300 ms	10 ⁻⁶	Non-Conversational Video (buffered streaming)
5	Non-GBR	1	100 ms	10 ⁻⁶	IMS Signaling
6		6	300 ms	10 ⁻⁶	• Video (Buffered Streaming) • TCP-based (e.g., web, e-mail, chat, FTP, point-to-point file sharing, progressive video, etc.)
7		7	100 ms	10 ⁻³	• Voice • Video (Live Streaming) • Interactive Gaming
8		8	300 ms	10 ⁻⁶	• Video (Buffered Streaming) • TCP-based (e.g., web, e-mail, chat, FTP, point-to-point file sharing, progressive video, etc.)
9		9			

3.3.9 Output Parameter Kualitas

Output parameter kualitas merupakan tahapan terakhir dan pada tahap ini, akan didapatkan keluaran system berupa delay, throughput, dan paket loss. Serta dilakukan analisa untuk setiap tahapan proses yang telah dilakukan.

3.4 Parameter Pemodelan

Parameter pemodelan pada simulasi ini adalah sebagai berikut :

Gambar 3.16 Pemodelan Simulasi Admission Control

3.5 Skenario Tugas Akhir

Terdapat 3 skenario yang dilakukan pada tugas akhir ini, scenario 1 dan 2 merupakan scenario yang dilakukan dengan cara pengukuran langsung dengan menggunakan tool Assolo dan PathChirp dan PRTG. Skenario 3 atau admission control dilakukan dengan cara simulasi menggunakan software OPNET Modeller 17.1 licensed version. Berikut ini adalah scenario yang dilakukan pada tugas akhir.

IV SIMULASI DAN ANALISIS

Pada BAB IV ini akan dijelaskan analisa hasil pengukuran langsung dan simulasi admission control yang telah dilakukan dengan tahapan pertama yaitu melakukan pengukuran secara langsung menggunakan tool pengukuran Assolo dan Pathchirp untuk mengetahui ABE (Available Bandwidth Estimation), yang selanjutnya akan dikembangkan dengan memvariasikan kecepatan rangkaian yang ada didalam chirp menggunakan prinsip REACH (Reflected ExponentiAl Chirp) dan Assolo mengirimkan paket-paket dalam bentuk chirp dengan range kecepatan yang lebar dan lebih akurat. PathChirp dan Assolo adalah tool aktif yang memiliki Source Code berbasis C++ dan dapat dipanggil melalui Ubuntu, hasil keluaran PathChirp dan Assolo berbentuk bandwidth yang akan dibandingkan dengan PRTG (Paessler Router Traffic Grapher) untuk memferifikasi akurasi dari tool Assolo.

Setelah prosedur pengukuran langsung selesai dilakukan maka dilanjutkan dengan metode Admission Control serta menambahkan besar bandwidth yanf tersedia dari hasil pengukuran pada link yang terdapat pada OPNET Modeller versi 17.1 lisenca version dan menambahkan modul admission control untuk menentukan bagaimana sumber daya radio yang dialokasikan untuk Guaranteed Bit Rate (GBR) pengirim dapat diaktifkan oleh UE. Prosedur admission control ini dilaksanakan oleh masing-masing eNodeB untuk sel nya.

4.1 Analisis Pengukuran Langsung Tool Assolo dan PathChirp

Analisis untuk proses pengukuran langsung dengan melihat estimasi bandwidth yang tersedia melalui Assolo dan PathChirp dengan membandingkan hasil keluaran dengan PRTG.

4.1.1 Skenario 1 Intranet RDC TELKOM (max link 100 Mbps)

Skenario 1 ini terdiri dari :

- Skenario 1.1 Perbandingan untuk Tool Assolo dan PathChirp
- Skenario 1.2 Perbandingan Assolo dan PRTG

Scenario diatas dilakukan secara realtime atau apa adanya dengan background trafik real dari pegawai RDC TELKOM lantai 3 gedung utama dan dilakukan selama 7 hari atau 168 jam atau 10080 menit atau 604800 detik. Hasil yang diperoleh diambil saat yang paling stabil antara tool Assolo, PathChirp dan PRTG. Maka untuk keperluan analisa, diambil hasil pada hari ke-4 saat dilakukan pengukuran. Dari hasil yang diperoleh didapatkan bahwa pemakaian intranet pada RDC Telkom lantai 3 relatif padat karena mengalami pembebanan keseluruhan rata-rata dibawah 85%, link intranet mengalami pembebanan maksimal 81,91 Mbps atau sekitar 81,91 % dari kapasitas bandwidth maksimal sebesar 100 Mbps.

4.1.1.1 Skenario 1.1 Perbandingan untuk Tool Assolo dan PathChirp

Perbandingan untuk Tool Assolo dan PathChirp dilakukan dengan cara melakukan pengukuran pada waktu yang bersamaan, Chirp atau waktu yang ada saat paket dikirim yang menjadi parameter yang membedakan antara Tool Assolo dan PathChirp.

Terlihat pada hasil pengukuran, bahwa nilai bandwidth tersedia yang diperoleh oleh kedua tool adalah sama dan yang menjadi perbedaan antara kedua tool terletak pada sisi Chirp-nya, Chirp Assolo lebih cepat daripada Chirp PathChirp dengan perbandingan rata-rata sebesar 2,65536.

4.1.1.2 Skenario 1.2 Perbandingan Assolo dan PRTG

Pada skenario 1.2 dilakukan perbandingan bandwidth tersedia yang dihasilkan oleh Assolo dengan trafik yang diukur melalui PRTG. Skenario ini dilakukan untuk mengetahui persentase error dari Assolo dibandingkan dengan PRTG untuk proses verifikasi tool Assolo.

$$\% \text{ Error} = \frac{(C - \text{Av Bw}) - (\text{Traffic PRTG})}{(C - \text{Av Bw})} \times 100\% \quad (4.1)$$

C = kapasitas link maksimum = 100 Mbps

Hasil menunjukkan bahwa perbandingan hasil dari besar ketersediaan bandwidth pada jaringan memiliki rata-rata % error yang kecil yaitu sebesar 3,71084% dibandingkan dengan trafik real time yang diperoleh melalui PRTG.

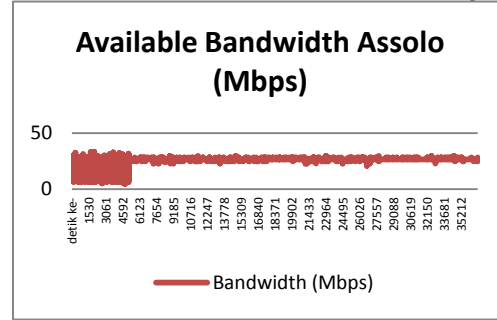
4.2 Skenario 2 Internet RDC Center (max link 10 Mbps)

Skenario 2 terdiri dari hasil Tool Assolo pada jaringan internet RDC Telkom (max link 10 Mbps). Scenario ini dilakukan secara realtime atau apa adanya dengan background trafik real dari pegawai RDC TELKOM lantai 3 gedung utama. Hasil yang diperoleh diambil saat yang paling stabil antara tool Assolo, PathChirp dan PRTG. Maka untuk keperluan analisa, diambil hasil pada hari ke-4 saat dilakukan pengukuran. Dari hasil diperoleh bahwa kapasitas link terpakai sangat padat dan hanya tersisa rata-rata sebesar 0,849 Mbps maka link terpakai sebesar 91,5 %.

4.3 Analisis Skenario Simulasi Admission Control

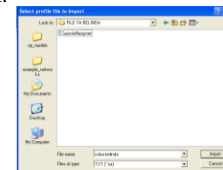
Setelah hasil diperoleh dari pengukuran diatas dilakukan proses Admission Control di OPNET dengan cara memasukan nilai Available Bandwidth dalam format .txt dengan durasi 24 jam dihari ke-4 saat melakukan pengukuran dengan rentang waktu per detik

dari tool Assolo kedalam skenario sebagai berikut.

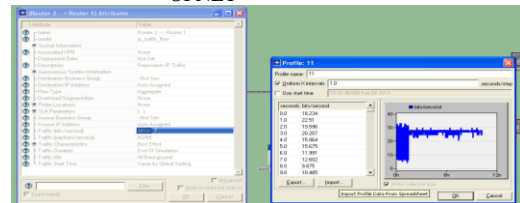


Gambar 4.1 Available Bandwidth Assolo (Mbps)

Gambar dibawah ini akan menggambarkan proses memasukan besar available bandwidth untuk link pada OPNET Modeller 17.1 licensed version dengan selang waktu per-detik selama 36731 detik.



Gambar 4.2 Memasukan File ABE ke link OPNET



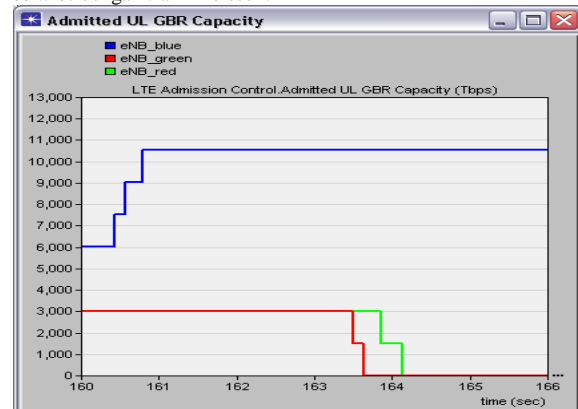
Gambar 4.3 File telah berhasil dimasukkan

4.3.1 Skenario 3 Admission Control

Skenario 3 terdiri dari :

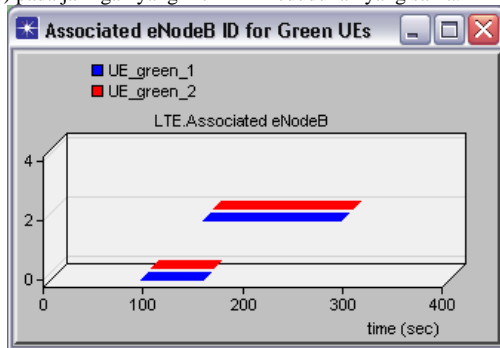
- Skenario 3.1 Hasil Admission Control background trafik Poisson
- Skenario 3.2 Hasil Admission Control background trafik RealTime

Skenario 3.1 dilakukan untuk membuktikan pengaruh dari metode admission control terhadap link dengan trafik Poisson untuk membuktikan apakah proses admission control berhasil 100% dapat dijalankan atau tidak. Berikut hasil dari admission control dengan trafik Poisson.



Gambar 4.4 Hasil admission control Throughput GBR Capacity (Tbps)

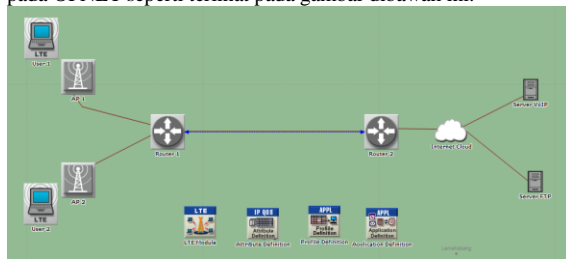
Dari gambar diatas menunjukkan scenario dengan trafik Poisson dengan layanan yang diberi prioritas. Terlihat pada gambar bahwa Enb_blue yang diberi prioritas Platinum tertinggi, mendapatkan nilai Throughput yang berbeda dari lainnya. Pada gambar 4.5 dibawah ini menjelaskan kedudukan UE (*User Equipment*) pada jaringan yang memiliki kedudukan yang sama.



Gambar 4.5 Perbandingan *User Equipment* eNodeB LTE

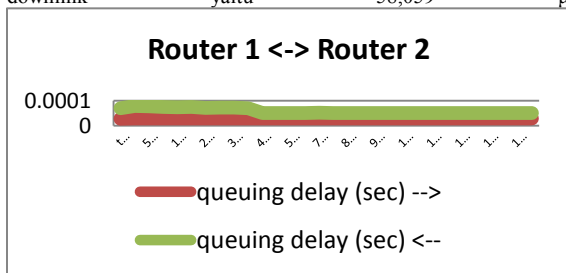
Dari gambar diatas terlihat bahwa proses *admission control* dapat tersampaikan dan *admission control* dilakukan pada segi layanan, *user* mendapatkan kedudukan yang sama, dan mendapatkan waktu kirim dan terima yang sama.

Skenario 3.2 Hasil *Admission Control* *background* trafik RealTime dilihat pada link antara Router 1 dengan Router 2, Router 1 dan 2 pada gambar menyatakan EPC pada OPNET seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



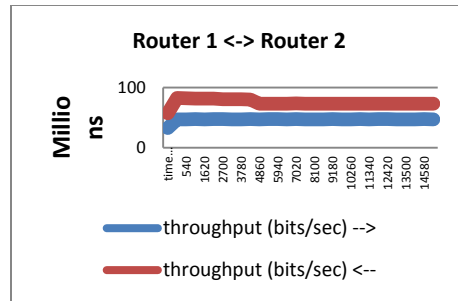
Gambar 4.6 Topologi Jaringan Tugas Akhir

Hasil yang diperoleh untuk proses *admission control* terlihat pada gambar 4.7 dibawah ini, nilai dari *queuing delay* sangat kecil yakni rata-rata uplink 0,00002898 atau 28,98 μ s dan besar delay downlink yaitu 58,059 μ s.

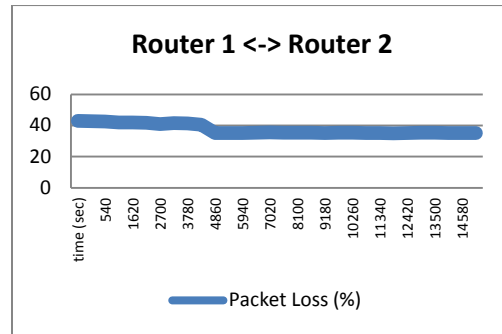


Gambar 4.7 Grafik *Queuing Delay* (s)

Hasil menampilkan hasil *queuing delay* baik uplink maupun downlink dalam satuan detik. Pada gambar 4.8 dibawah ini terlihat bahwa nilai *Throughput* rata-rata downlink bernilai 75,264 Mbps dan 47,006 Mbps untuk nilai *Throughput* uplink, maka terlihat dari kapasitas maximum link sebesar 100 Mbps, downlink menduduki sekitar 75 % dari kapasitas maksimum link dan uplink mencapai 47% dari kapasitas maksimum link.



Gambar 4.8 Grafik *Throughput* (Mbps)



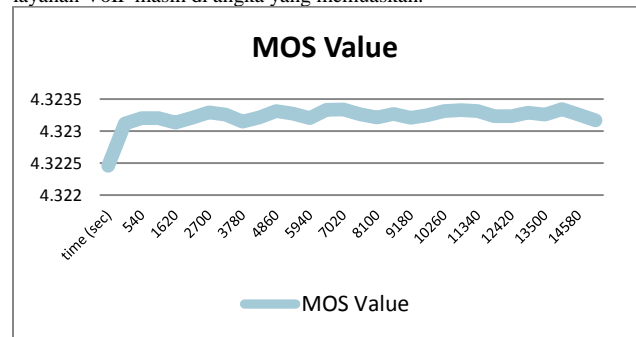
Gambar 4.9 Grafik *Packet Loss* (%)

Meskipun *Throughput* cukup besar, namun *packet loss* yang dihasilkan mencapai rata-rata sebesar 37,44 % hal ini disebabkan karena utilitas link dibatasi dan prioritas harus tetap dijalankan, maka yang mendapat *packet loss* besar adalah layanan yang menunggu giliran untuk dikirimkan. Tabel 4.6 dibawah ini adalah rincian dari besar *packet loss* dengan waktu periodic.

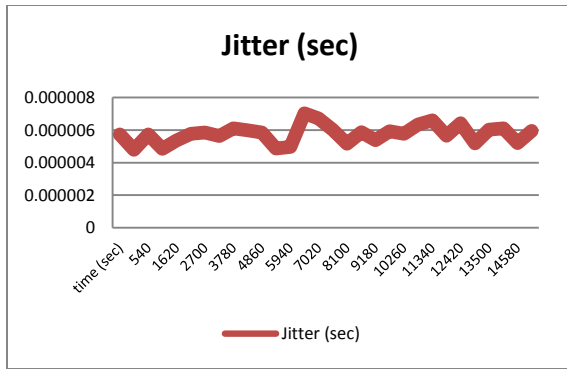
Dari hasil yang diperoleh besar nilai *Quality of Service* (QoS) memiliki delay uplink sebesar 28,98 μ s dan besar delay downlink 58,059 μ s dengan besar *Throughput* rata-rata downlink bernilai 75,264 Mbps dan 47,006 Mbps untuk nilai *Throughput* uplink dari kapasitas maximum link sebesar 100 Mbps. Besar *packet loss* yang dihasilkan mencapai rata-rata sebesar 37,44 %.

Analisa layanan yang dilakukan pada segi VoIP akan ditampilkan pada table dan grafik dibawah ini yang akan menampilkan nilai MOS, Jitter, dan Delay dari layanan VoIP yang dilakukan pada simulasi *Admission Control*.

Berikut dibawah ini adalah grafik hasil dari MOS yang memiliki rata-rata sebesar 4,3232 menyatakan bahwa kualitas layanan VoIP masih di angka yang memuaskan.

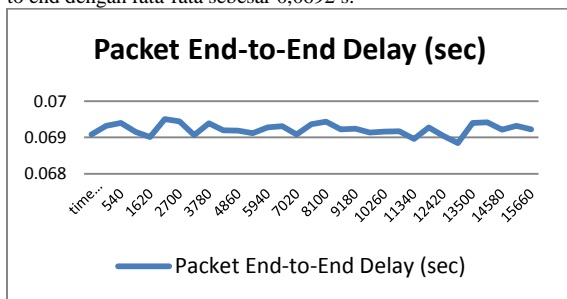


Gambar 4.10 Mos VoIP



Gambar 4.11 Jitter VoIP

Gambar 4.11 diatas menunjukkan nilai Jitter VoIP yang menyatakan variasi waktu dengan nilai rata-rata sebesar 5,76 μ s. Sedangkan gambar dibawah ini menunjukkan besar delay end to end dengan rata-rata sebesar 0,0692 s.



Gambar 4.12 Delay VoIP

V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari implementasi, pengujian, dan analisis dari hasil pengukuran langsung menggunakan tool Assolo dan PathChirp dan *admission control* yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan :

- Karakteristik *background traffic* pada RDC TELKOM lantai 3 umumnya relatif cukup padat. *Link intranet* dengan kapasitas maksimum 100 Mbps umumnya mengalami pembebanan secara keseluruhan rata-rata dibawah 85% dari kapasitas jaringan. *Link internet* mengalami pembebanan maksimal 81,91 Mbps atau sekitar 81,91% dari kapasitas *bandwidth* 100 Mbps.
- Link Internet* dengan kapasitas maksimum 10 Mbps mengalami pembebanan maksimal sebesar 9,15 Mbps setara dengan 91,5 %.
- Performansi Assolo lebih baik dalam segi range kecepatan jika dibandingkan dengan PathChirp, Assolo memiliki kecepatan yang lebih cepat sebesar 2,655 kali dan memiliki akurasi yang lebih baik.
- Tool *Available Bandwidth Estimation* dengan menggunakan Assolo dapat dilakukan karena telah dibandingkan dengan PRTG (*Peassler Router Traffic Grapher*) dan menghasilkan persentase error sebesar 3,71%
- Proses *Admission Control* dengan *background trafik* Poisson yang dilakukan berhasil dengan *admitted* 100% dan prioritas untuk layanan berhasil dilakukan.
- Proses *Admission Control* dengan *background trafik Realtime* lantai 3 RDC TELKOM memperoleh besar *Quality of Service (QoS)* memiliki delay uplink sebesar 28,98 μ s dan besar delay downlink 58,059 μ s. Besar *Throughput* rata-rata downlink bernilai 75,264 Mbps dan 47,006 Mbps untuk nilai *Throughput* uplink dari kapasitas maximum link sebesar 100 Mbps. Besar *packet loss* yang dihasilkan mencapai rata-rata sebesar 37,44 %.

- Dari hasil simulasi, diperoleh nilai MOS untuk layanan VoIP memiliki rata-rata sebesar 4,3232 menyatakan bahwa kualitas memuaskan, nilai Jitter VoIP bernilai rata-rata sebesar 5,76 μ s sedangkan besar delay end to end dengan rata-rata sebesar 0,0692 s.

5.2 SARAN

Saran yang dapat diajukan untuk penelitian lebih lanjut mengenai topik ini adalah :

- Implementasi pengukuran langsung yang saya lakukan hanya menggunakan dua perangkat sebagai pengirim dan penerima, maka saran untuk penelitian selanjutnya adalah untuk menambahkan perangkat yang lebih banyak agar dapat membandingkan hasil dari perangkat yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- 3GPP TS 22.220 V10.4.0 (2010-09), "Technical Specification Group Services and System Aspects; Service requirements for Home Node B (HNB) and Home eNode B (HeNB)." September 2010
- 3GPP TS 36.300 V9.2.0 (2009-12), "Overall description; Stage 2", Desember 2009
- E. Goldoni, G. Rossi, and A. Torelli, "Assolo, a New Method for Available Bandwidth Estimation," in *Fourth International Conference on Internet Monitoring/ICIMP'09*, 2009, pp. 130-136.
- Femto Forum, "Interference Management in OFDMA Femtocells," Maret, 2010
- G. Urvoy, Keller, T. En-Najjary, and A. Sorniotti, "Operational Comparison of Available bandwidth estimation tools," *ACM SIGCOMM Computer communication Review*, Vol. 38, no. 1 pp. 39-42. 2008
- Hadi Hariyanto, *Available Bandwidth Estimation*, Oct 2012.
- Hoydis, Jacob. "Small-cell Visions", Mei, 2010
- JAVA Journal of Electrical and Electronics Engineering, Vol. 1, No. 2, Oct 2003, ISSN 1412-8306
- J. Navratil, R. L. Cottrell, S. Linear, S. H. Road and M. Park, "ABwE : A Pratical Approach to Available Bandwidth Estimation," in *the 4th International Workshop on Passive and Active network Measurement PAM 2003*, 2003, PP 1-11.
- J. Strauss, D. Katabi, and F. Kaashoek, "A Measurement study of available bandwidth estimation tools," in *Proceedings of the conference on Internet Measurement conference – IMC 2003*, PP 39-44.
- L. Lao, C. Dovrolis, and M. Y. Sanadidi, "The Probe Gap Model can Underestimate the available bandwidth of Multihop paths," *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, vol. 36, no. 5 p. 29, Oct. 2006.
- L. Rafl and M. Fidler, "A Foundations for Stochastic Bandwidth Estimation of Networks with Random Service," in *IEEE INFOCOM*, 2011, pp. 1817-1825.
- M. Jain and C. Dovrolis, "Ten Fallacies and Pitfalls on End-to-End Available Bandwidth Estimation," in *The 4th ACM SIG COMM conference on Internet measurement Key* : citeulike : 1718948, 2004, no.3, pp 272-277.
- R. S. Prasad and M. Murray, "Bandwidth estimation : metrics, measurement techniques and tools," *IEEE Network November / December 2003*, vol. 17, no.6 pp. 27-35, 2003.
- Roberg, Kristoffer. "Simulation of scheduling algorithms for femtocell in a LTE environment", Linköping, 2010.
- Seal Jeff, Teletimes Article. "Optimizing Backhaul. 2009
- V. J. Riberio, R. H. Riedi, R. G. Baraniuk, J. Navratil, and L. Cottrell, "PathChirp : Efficient Available Bandwidth Estimation for Networks Paths," in *the 4th International workshop on Passive and Active network Measurement PAM 2003*, pp. 1-11.
- Verizon Wireless (2009) : LTE benefits v.3.3
- X. Liu and D. Loguinov, "Multi-Hop Probing Asymptotics in Available Bandwidth Estimation : Stochastic Analysis," in *Proceedings of the 5th ACM SIGCOMM conference on Internet Measurement*, 2005, pp. 173-186.