

## ANALISIS PERFORMANSI ALGORITMA PENJADWALAN: LOG RULE DAN EXPONENTIAL RULE PADA JARINGAN LTE

Alvin Bagus Setyawan<sup>1</sup>, Indrarini Dyah Irawati<sup>2</sup>, Leanna Vidya Yovita<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

### Abstrak

Teknologi telekomunikasi selular berangsur-angsur berkembang guna mendukung layanan yang lebih baik kepada pengguna jasa telekomunikasi. Pada era sekarang, layanan telekomunikasi selular memiliki kecenderungan ke arah konvergensi. Hal ini sesuai dengan tuntutan pengguna jasa telekomunikasi yang menginginkan bermacam-macam jenis layanan yang dapat diakses dalam satu platform tertentu. Para pengguna ini juga menuntut kualitas layanan yang baik. Konvergensi layanan tersebut mengharuskan adanya suatu standar teknologi yang bisa mendukungnya. 3GPP (3rd Generation Partnership Project) telah merilis suatu standar teknologi telekomunikasi selular yang diberi nama LTE (Long Term Evolution) yang diharapkan mampu mengakomodasi tuntutan pelanggan dan mampu memberikan kualitas layanan yang baik. Untuk mendukung hal itu, LTE memerlukan suatu mekanisme yang dapat mendukungnya. Salah satunya ialah dengan menerapkan metode penjadwalan paket pada tiap layanan. Penjadwalan paket adalah perlakuan yang berbeda terhadap paket yang datang sesuai dengan prioritas dari masing-masing algoritma penjadwalan.

Teknologi telekomunikasi selular berangsur-angsur berkembang guna mendukung layanan yang lebih baik kepada pengguna jasa telekomunikasi. Pada era sekarang, layanan telekomunikasi selular memiliki kecenderungan ke arah konvergensi. Hal ini sesuai dengan tuntutan pengguna jasa telekomunikasi yang menginginkan bermacam-macam jenis layanan yang dapat diakses dalam satu platform tertentu. Para pengguna ini juga menuntut kualitas layanan yang baik. Konvergensi layanan tersebut mengharuskan adanya suatu standar teknologi yang bisa mendukungnya. 3GPP (3rd Generation Partnership Project) telah merilis suatu standar teknologi telekomunikasi selular yang diberi nama LTE (Long Term Evolution) yang diharapkan mampu mengakomodasi tuntutan pelanggan dan mampu memberikan kualitas layanan yang baik. Untuk mendukung hal itu, LTE memerlukan suatu mekanisme yang dapat mendukungnya. Salah satunya ialah dengan menerapkan metode penjadwalan paket pada tiap layanan. Penjadwalan paket adalah perlakuan yang berbeda terhadap paket yang datang sesuai dengan prioritas dari masing-masing algoritma penjadwalan.

Hasil penelitian tugas akhir ini menunjukkan bahwa algoritma exponential rule sangat baik dalam memberikan nilai throughput bila dibandingkan dengan algoritma log rule, tetapi delay yang didapat algoritma exponential rule lebih besar bila dibandingkan dengan algoritma log rule. Sedangkan algoritma log rule memberikan hasil sebaliknya, delay yang didapat lebih kecil bila dibandingkan exponential rule, tapi throughput yang diperoleh cenderung menurun. Hal ini menandakan bahwa kedua algoritma penjadwalan exponential rule dan log rule cocok digunakan pada jaringan LTE. Penggunaan kedua algoritma penjadwalan pada LTE ini dapat disesuaikan dengan kondisi kebutuhan trafik yang dibutuhkan.

Kata Kunci : LTE, penjadwalan, QoS, log rule, exponential rule, mix trafik

### **Abstract**

Mobile telecommunications technology gradually evolved to support better services to users of telecommunication services. In the present era, mobile telecommunication services have a tendency toward convergence. This is in accordance with the demands of the telecommunications service users who want a variety of types of services that can be accessed in one particular platform. These users are also demanding better quality service. Convergence of these services requires the existence of a technology standard that can support it. 3GPP (3rd Generation Partnership Project) has released a mobile telecom technology standard called LTE (Long Term Evolution) is expected to accommodate the demands of customers so as to provide good quality service. To support this, LTE requires a mechanism that can support it. One is to apply the method of scheduling packets on each service. Packet scheduling is the unequal treatment of incoming packets according to the priorities of each scheduling algorithm.

At this final duty, conducted the research performance of LTE networks to support converged services by analyzing the value of QoS parameters such as throughput, delay, packet loss ratio (PLR), and fairness index (FI). To measure the QoS parameters, is carried out simulations based on the certain composition of mixed traffic between real time services (video, VoIP) and non-real time service (best effort) within using scheduling algorithm the log rule and the exponential rule in downlink direction.

The results of this final research showed that exponential rule algorithm is very well for giving throughput values to users when its compared with log rule. But exponential rule gave the delay values greater than log rule. For log rule, this algorithm gave the opposite result. Log rule gave users with smaller delay than exponential rule, but its throughput became lower than exponential rule. This indicates that both scheduling algorithms suitable for use on LTE networks within conditions of mixed traffic between real time and non-real time services. The usage of both scheduling algorithm can be adapted to the needs of traffic condition that needed.

**Keywords :** LTE, scheduling, QoS, log rule, exponential rule, mixed traffic

---

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan layanan telekomunikasi seluler saat ini sangat pesat dan beragam. Selain itu, layanan telekomunikasi telah memiliki kecenderungan ke arah konvergensi. Hal ini, menjadi salah satu motivasi pengembangan LTE oleh 3GPP. LTE adalah standar teknologi seluler pita lebar yang merupakan pengembangan dari teknologi jaringan UMTS/HSxPA. LTE diharapkan mampu memberikan performansi yang lebih baik daripada teknologi pendahulunya dalam mengakomodasi kebutuhan pelanggan seluler. Untuk mendukung peningkatan performansi ini, salah satu hal yang dilakukan dalam mewujudkannya adalah pengimplementasian penjadwalan paket pada LTE. Tujuan utama dari penjadwalan adalah untuk memenuhi QoS dari seluruh user dengan melakukan pengoptimalan antara utilitas dan *fairness* dalam kurun waktu yang sama [8]. Tujuan tersebut sangat menantang, terutama dengan adanya kehadiran aplikasi multimedia yang sensitif terhadap delay.

Untuk membedakan QoS diantara pelanggan dan diantara layanan paket pada pelanggan, suatu *bearer* telah didefinisikan sebagai pengidentifikasi untuk tiap paket. Penjadwalan akan meneruskan paket berdasarkan *bearer* yang telah ditambahkan pada paket tersebut. Paket yang akan dijadwalkan juga ditambahkan informasi berupa IP sumber, IP tujuan, port sumber, port tujuan dan *protocol identifier*, sehingga penjadwalan dapat mengalokasikan sumber daya radio secara efisien. Tiap *bearer* berisi dengan nilai QCI yang mendeskripsikan tentang persyaratan QoS dengan parameternya: *service class*, *priority*, *target delay*, dan *packet loss ratio*. Ada dua jenis *bearer* [4]: GBR (*guaranteed bit rate*) dan Non-GBR (*non-guaranteed bit rate*). GBR digunakan pada layanan paket *real time*, sedangkan Non-GBR digunakan pada layanan paket *non-real time*. Penjadwalan paket pada jaringan LTE menunjukkan reaksi penjadwalan yang berbeda untuk arah *uplink* maupun *downlink*.

Tugas akhir ini dilakukan analisis terhadap performansi penjadwalan paket arah *downlink*. Algoritma penjadwalan [1] yang diteliti dan dianalisis adalah *exponential rule* dan *log rule*. Algoritma ini adalah perkembangan dari algoritma *proportional fair* (PF) [3]. Pada penelitian sebelumnya, algoritma *proportional fair* (PF) tidak begitu baik dalam menanggapi paket yang berbasis *real time*, karena dalam

perhitungan metriknya tidak disertakan perhitungan yang melibatkan parameter paket *real time* seperti parameter max. delay yang ada pada paket layanan *real time* tersebut[3].

Hal yang melatarbelakangi dibentuknya algoritma *exponential rule*[7] dan *log rule* [6] adalah adanya kemampuan yang baik dalam menangani paket yang berbasis *real time*, karena ciri dari paket *real time* adalah sensitive terhadap delay. Oleh karena itu, dibentuklah suatu algoritma yang mampu menangani kensensitivitasan terhadap delay, yaitu algoritma *exponential rule* dan *log rule*. Performansi dari kedua algoritma tersebut dianalisis menggunakan simulator LTE-Sim [2] dengan menghitung parameter QoS: *throughput*, *delay*, *packet loss ratio*, dan *fairness index*.

## 1.2 Tujuan

Penyusunan tugas akhir ini secara umum bertujuan untuk mempelajari penjadwalan paket pada jaringan LTE dan mempelajari kinerja algoritma penjadwalan *log rule* dan *exponential rule* di jaringan LTE. Algoritma penjadwalan tersebut akan dianalisis guna melihat unjuk kerjanya terhadap penjadwalan paket di jaringan LTE melalui simulasi dengan skenario tertentu.

## 1.3 Rumusan Masalah

Masalah yang akan diteliti dalam tugas akhir ini adalah:

- a. Bagaimana pengaruh algoritma penjadwalan *log rule* dan *exponential rule* dalam menunjang QoS dari bermacam-macam jenis layanan pada jaringan LTE.
- b. Bagaimana menganalisis parameter QoS seperti *throughput*, *delay*, *packet loss ratio*, dan *fairness index* yang digunakan untuk mengetahui performansi dari masing-masing algoritma penjadwalan.
- c. Bagaimana memodifikasi kode C++ pada simulator LTE-Sim untuk keperluan simulasi.

## 1.4 Batasan Masalah

Pembahasan masalah dibatasi oleh beberapa batasan masalah sebagai berikut:

- a. Simulator yang digunakan adalah LTE-Sim, dengan menggunakan *operating system* linux ubuntu.
- b. Jumlah user sebesar 10, 20, 30, 40, dan 50 user.
- c. Algoritma yang dibandingkan adalah *log rule* dan *exponential rule*.

- d. Penelitian dilakukan pada arah *downlink* .
- e. Tidak mempertimbangkan proses *retransmisi*.
- f. Parameter QoS yang dianalisis adalah *throughput*, *delay*, *packet loss ratio*, dan *fairness index*.
- g. User bergerak dengan kecepatan 3 km/jam dan 120 km/jam, tidak mengalami *handover* serta berada pada posisi satu sel.

## 1.5 Metodologi Penelitian

Metode penyelesaian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Studi literatur  
Proses pembelajaran teori yang digunakan dan pengumpulan literatur berupa buku, artikel, jurnal, serta referensi terkait lainnya yang digunakan sebagai teori pendukung dalam penyusunan tugas akhir ini.
- b. Konsultasi dengan pembimbing dan berbagai pihak terkait yang berkompeten  
Hal ini bertujuan untuk mengembangkan pengetahuan penulis terhadap analisis yang akan dilakukan.
- c. Perancangan model  
Merancang skenario model jaringan yang akan digunakan untuk keperluan simulasi.
- d. Simulasi  
Melakukan simulasi dari pemodelan yang telah dirancang dengan menggunakan simulator yang mampu mendukung pengoperasian jaringan LTE.
- e. Mengolah dan menganalisa hasil simulasi  
Nilai parameter QoS yang didapat dari hasil simulasi akan dianalisis. Analisis tersebut akan digunakan untuk menarik kesimpulan yang nantinya diharapkan dapat memberikan rekomendasi akan penggunaan algoritma penjadwalan yang sesuai pada jaringan LTE.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Secara umum keseluruhan penulisan proposal tugas akhir ini akan terbagi menjadi lima bab bahasan. Secara garis besar masing masing bab akan membahas hal-hal sebagai berikut :

## **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi uraian secara singkat mengenai latar belakang permasalahan, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan .

## **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini memuat berbagai dasar teori yang mendukung dan mendasari penulisan tugas akhir ini, yaitu mengenai konsep dasar teknologi LTE, arsitektur LTE, QoS pada jaringan LTE, penjadwalan, timeline frame dan paket arah downlink ,prosedur penjadwalan paket arah downlink, serta algoritma penjadwalan.

## **BAB III PEMODELAN SISTEM DAN SIMULASI**

Bab ini berisi tentang urutan pengerjaan penelitian dan deskripsi skenario penelitian yang dikerjakan.

## **BAB IV ANALISIS HASIL SIMULASI**

Bab ini berisi tentang hasil simulasi dan nilai parameter QoS yang didapat yang digunakan untuk menunjukkan performansi dari algoritma penjadwalan.

## **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari tugas akhir ini dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

Telkom  
University

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Secara keseluruhan, untuk mendapatkan nilai QoS yang baik, dapat menggunakan algoritma *exponential rule* dalam menjadwalkan paket-paket layanan. Hal ini dikarenakan algoritma *exponential rule* jika dilihat secara matematis, memiliki perhitungan yang lebih sederhana bila dibanding algoritma *log rule*. Secara matematis algoritma *log rule* adalah algoritma yang menggunakan perhitungan berbasis logaritmik sehingga perhitungan metrik secara matematisnya lebih kompleks bila dibandingkan algoritma *exponential rule* yang mana perhitungan algoritmanya dilakukan dengan basis *exponential*. Hal inilah yang menyebabkan nilai QoS yang didapat algoritma *exponential rule* lebih tinggi bila dibandingkan algoritma *log rule*. Namun, masing-masing algoritma memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Penggunaan kedua algoritma penjadwalan pada LTE ini dapat disesuaikan dengan kondisi kebutuhan trafik yang dibutuhkan.
2. Untuk layanan (Video, VoIP dan CBR), secara keseluruhan, algoritma *exponential rule* mampu menjadwalkan tiap paket user. Dan seiring dengan pertambahan jumlah user dan pergerakan user yang cepat, throughput yang dihasilkan oleh kedua algoritma penjadwalan mengalami penurunan.
3. Masing-masing algoritma penjadwalan mampu menunjang jaminan QoS terhadap kesensitivitasan delay yang dibutuhkan oleh layanan (Video, VoIP, dan CBR). Delay video yang didapat dari masing-masing algoritma memenuhi standar delay yang ditetapkan oleh ITU-T, yaitu dibawah 150 ms. Namun, secara keseluruhan algoritma *log rule* memberikan nilai delay yang lebih kecil bila dibandingkan algoritma *exponential rule*. Tetapi hal tersebut menyebabkan throughput yang dihasilkan oleh algoritma *log rule* mengalami penurunan.
4. Untuk layanan (Video, VoIP, dan CBR), algoritma *exponential rule* memberikan PLR yang jauh lebih kecil nilainya bila dibandingkan PLR yang dihasilkan oleh algoritma *log rule* yaitu baik pada saat user bergerak dengan kecepatan 3 km/jam dan 120 km/jam.
5. FI pengguna layanan (video, VoIP, dan CBR) yang dihasilkan menggunakan algoritma *exponential rule* lebih tinggi bila dibanding dengan FI yang diperoleh

user dengan algoritma *log rule*. Hal ini menandakan bahwa algoritma *exponential rule* mampu memberikan tingkat keadilan dan pemerataan pemberian nilai throughput kepada masing-masing user pengguna layanan (video, VoIP, dan CBR).

## 5.2 SARAN

Untuk penelitian selanjutnya, ada beberapa saran yang dikemukakan sehingga penelitian tugas akhir ini dapat dikembangkan lebih lanjut:

1. Memperhatikan adanya HARQ dan menjadwalkan paket yang diretransmisi.
2. Memperhatikan pengukuran kualitas berdasarkan QoE (Quality of Experience) pada sisi pelanggan.
3. Melakukan penelitian pada kondisi *multicell*.
4. Melakukan penelitian menggunakan komposisi trafik yang lain.
5. Melakukan penelitian menggunakan model trafik lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Sadiq, R. Madan, and A. Sampath, “*Downlink scheduling for multiclass traffic in LTE,*” *EURASIP J. Wirel. Commun. Netw.*, Aug 2009.
- [2] Giuseppe Piro and friends. “*Simulating LTE Cellular Systems: an Open Source Framework*”. Oktober 2010.
- [3] Elvyra P.S, “ Analisis Performansi Penjadwalan Paket Pada Jaringan LTE (Long Term Evolution) Arah *Downlink* Untuk Mendukung Layanan *Triple Play*”.2011.
- [4] Stefania Sesia, Issam Toufik and Matthew Baker. “*LTE – The UMTS Long Term Evolution From Theory to Practice*”.Wiley.2009.
- [5] S. M. Chadchan, Member, *IEEE* and C. B. Akki “ *3GPP LTE/SAE: An Overview*”.Oktober 2010.
- [6] B. Sadiq, Seung Jun Baek, and Gustavo de Veciana, “*Delay-Optimal Opportunistic Scheduling And Approximations: The Log Rule,*” April 2009.
- [7] S. Shakkottai and A. Stolyar, “*Scheduling Algorithms for a Mixture of Real time and Non-real time Data in HDR,*” Bell Laboratories Technical Report. Oktober, 2000.
- [8] E. Dahlman, S. Parkvall, J. Skold, and P. Beming, “ *3G Evolution HSPA and LTE for Mobile Broadband* ”. Academic Press, 2008.
- [9] 3GPP TS 36.300.”*Tech. Specif. Group Radio Access Network; E-UTRA and E-UTRAN*”. May 2008.
- [10] ITU-T G.1010, " *End-user multimedia QoS categories* ". 2001.
- [11] Thipon project. ETSI 101 329-2 v1.1.1, " *Definition of QoS classes* ". July 2000.
- [12] RK. Jain, “*A Quantitative Measure of Fairness and Discrimination for Resource Allocation in Shared Computer Systems*” DEC Research Report TR-30. 1984.
- [13] T.Camp, J.Boleng, and V.Davies, “*A Survey of mobility models for ad hoc network research,*”.Wireless Communications and Mobile Computing. Aug 2002.
- [14] Harri Holma and Antti Toskala. “*LTE-for-Umts-Ofdma-and-Sc-fdma-Based-Radio-Access*”. Wiley. 2009.