

ERBANDINGAN KINERJA AM (*ACKNOWLEDGED MODE*) DAN UM (*UNACKNOWLEDGED MODE*) PADA JARINGAN UMTS MENGGUNAKAN NS-2

Rosalinda Tri Wahyuni^{*)}, Sukiswo, dan Imam Santoso

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

^{*)} E-mail: rosalindatriwahyuni@gmail.com

Abstrak

Teknologi 3G (*Third Generation Technology*) merupakan teknologi komunikasi seluler generasi ketiga. Teknologi ini biasa dikenal dengan W-CDMA (*Wideband-Code Division Multiple Access*) atau UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). Jaringan UMTS mampu memberikan sebuah layanan suara dan data dalam *bandwidth* yang cukup besar sehingga memiliki jangkauan sinyal yang cukup luas dengan jumlah pelanggan yang lebih besar. Pada penelitian ini akan dirancang sebuah simulasi dan analisis kinerja jaringan UMTS dalam satu sel dengan dua mode RLC (*Radio Link Control*) yang berbeda berdasarkan jumlah node UE (*User Equipment*) menggunakan perangkat lunak Network Simulator-2 (*NS-2*). Skenario pertama terdiri dari 6 *node* UE, skenario kedua terdiri dari 10 *node* UE dan skenario ketiga terdiri dari 14 *node* UE. Perancangan dilakukan membandingkan kinerja dari dua mode RLC yaitu AM (*Acknowledged Mode*) dan UM (*Unacknowledged Mode*), dimana parameter-parameter yang digunakan adalah *throughput*, *delay* dan paket hilang. Dari hasil simulasi diperoleh bahwa nilai *throughput* rata-rata terbaik untuk program simulasi tipe AM dihasilkan oleh skenario pertama dengan 6 *node* UE yaitu 150.842 Kbps, sedangkan untuk tipe UM dihasilkan oleh skenario ketiga dengan 14 *node* UE yaitu 10739 Kbps. Nilai *delay* rata-rata terbaik untuk program simulasi tipe AM maupun UM dihasilkan oleh skenario pertama dengan 6 *node* UE yaitu 8.28023 detik dan 0.0632214 detik. Sedangkan untuk jumlah paket hilang, persentase rata-rata terbaik pada program simulasi tipe AM dan UM dihasilkan oleh skenario pertama dengan 6 *node* UE yaitu 37.6466% dan 17.6774%.

Kata kunci : 3G, UMTS, NS-2, AM, UM, Throughput, Delay

Abstract

3G technology (*Third Generation Technology*) is a third generation of mobile communication technology. This technology is commonly known as W-CDMA (*Wideband-Code Division Multiple Access*) or UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). The UMTS network is able to provide voice and data services in a bandwidth large enough so that it has coverage area of signal is quite spacious with a greater number of user. On this research will be designed a simulation and performance analysis of UMTS network in single cell with two different modes of RLC (*Radio Link Control*) based on amount of UE (*User Equipment*) nodes using Network Simulator-2 (*NS-2*) software. The first scenario consist of 6 UE nodes, second scenario consist of 10 UE nodes and third scenario consist of 14 UE nodes. The designing is done by comparing performance from two modes of RLC, those are AM (*Acknowledged Mode*) and UM (*Unacknowledged Mode*), the used parameters in the simulation are throughput, delay, and packet loss. From the simulation result obtained that the average throughput for the simulation program of AM type generated by the first scenario with 6 UE nodes that is 150.82 Kbps, while UM type generated by the third scenario with 10 UE nodes that is 10739 Kbps. The average delay values for the simulation program of AM and UM types generated by the first scenario those are 8.28023 seconds and 0.0632214 seconds. As for the number of packet loss, the best of average percentage in the simulation program of AM and UM types generated by the first scenario with 6 UE nodes those are 37.6466% and 17.6774%.

Keywords : 3G, UMTS, NS-2, AM, UM, Throughput, Delay

1. Pendahuluan

Teknologi 3G (*Third Generation Technology*) merupakan teknologi komunikasi seluler generasi ketiga. Teknologi 3G menyediakan akses internet hingga kecepatan 384

kbps dan mendukung berbagai aplikasi jaringan. Teknologi ini biasa dikenal dengan W-CDMA (*Wideband-Code Division Multiple Access*) atau UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). Jaringan UMTS mampu memberikan sebuah layanan suara dan data dalam jaringan yang lebih besar sehingga memungkinkan pelanggan melakukan transmisi data dalam ukuran besar dengan kecepatan yang lebih tinggi. Jaringan UMTS menyediakan *bandwidth* yang cukup besar sehingga memiliki jangkauan sinyal yang cukup luas dengan jumlah pelanggan yang lebih besar.

Penelitian tentang UMTS umumnya dilakukan dalam taraf pembuatan simulasi, salah satunya dilakukan oleh Vranjes. et. al. (2010) yang mensimulasikan komunikasi data dari jaringan UMTS dalam satu sel. Penelitian lain dilakukan oleh Sari. et. al. (2008) yang menganalisis kinerja layanan multimedia berbasis IP pada jaringan UMTS.

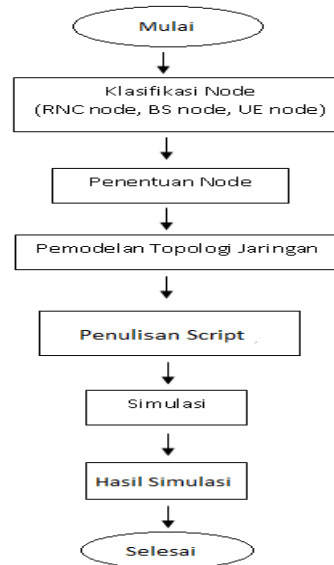
Berdasarkan penelitian-penelitian di atas, dalam studi ini akan dibuat sebuah simulasi dan analisis kinerja jaringan UMTS dalam satu sel dengan dua *mode* RLC (*Radio Link Control*) yang berbeda berdasarkan jumlah *node* UE (*User Equipment*) sebagai pengembangan dari penelitian yang sudah ada.

Tujuan dari studi ini adalah membuat simulasi dan menganalisis kinerja jaringan UMTS dalam dua *mode* RLC (*Radio Link Control*) yang berbeda berdasarkan jumlah *node* UE (*User Equipment*) menggunakan perangkat lunak NS2.

2. Metode

2.1 Perancangan Sistem

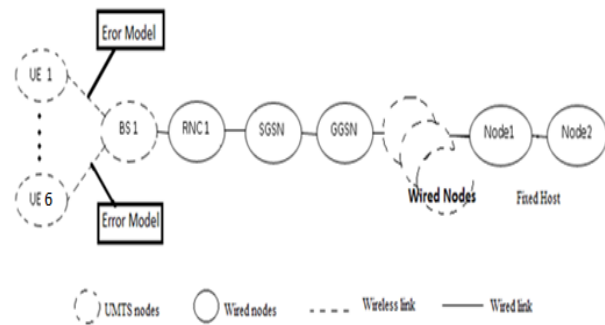
Dalam perangkat lunak simulasi jaringan UMTS ini, UE (*User Equipment*) melakukan komunikasi melalui BS (*Base Station*) dimana komunikasi yang dilakukan adalah komunikasi data bukan komunikasi suara. Perancangan simulasi jaringan ini menggunakan perangkat lunak Network Simulator-2 (*NS-2*) versi *ns-allinone-2.30* dengan *EURANE extensions* di <http://eurane.ti-wmc.nl/eurane/> yang mendukung UMTS yaitu dengan penambahan *patch ns-2.30_eurane-1.12.diff*. Berikut ini adalah Diagram Alir dari perancangan sistem simulasi jaringan UMTS:



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan Sistem

a. Perencanaan Topologi Jaringan

Topologi simulasi jaringan UMTS ini dirancang dalam satu sel dengan dua mode RLC yang berbeda yaitu AM (*Acknowledged Mode*) dan UM (*Unacknowledged Mode*), terdiri dari BS yang terhubung dengan RNC. Dua *node* yang merupakan SGSN dan GGSN kemudian dua *node* yang lain merupakan jaringan IP eksternal serta terdapat 6 UE untuk skenario pertama. Adapun perencanaan topologi dari simulasi jaringan UMTS ini ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. Perencanaan topologi Jaringan UMTS untuk skenario pertama

Topologi jaringan untuk skenario kedua dan ketiga hampir sama dengan topologi jaringan di atas, hanya saja jumlah UE untuk skenario kedua adalah 10, dan skenario ketiga berjumlah 14. Pada simulasi jaringan UMTS ini akan disimulasikan masing-masing UE yang melakukan komunikasi data melalui BS dalam waktu yang bersamaan, dimana ukuran data dalam simulasi ini adalah sama untuk setiap UE, kemudian dari BS akan diteruskan ke RNC melalui *Iub Interface* dan dilanjutkan ke SGSN,

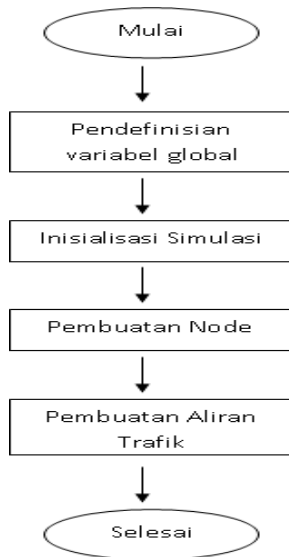
GGSN dan terakhir ke *node1* dan *node2* yang merupakan IP jaringan eksternal dari simulasi jaringan UMTS.

b. Penulisan *Script*

Untuk membangun topologi seperti gambar 2, maka akan dibuat program simulasi yaitu dengan penulisan *script* simulasi pada notepad yang disimpan dalam format *.tcl dan kemudian akan *dirunning* pada cygwin dengan perintah `ns nama_file.tcl`.

c. Program Simulasi Jaringan UMTS

Program simulasi jaringan UMTS terbagi menjadi beberapa tahapan utama yaitu pendefinisian variabel global, inialisasi, pembuatan *node*, pembuatan aliran trafik dan akhir program. Keseluruhan proses dari tahapan pembuatan program simulasi jaringan UMTS secara umum akan dijelaskan pada gambar 3.



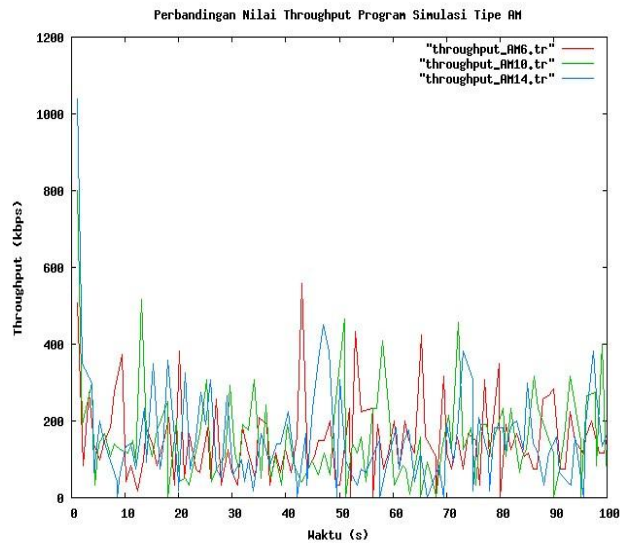
Gambar 3. Diagram Alir Tahapan Pembuatan Simulasi Jaringan UMTS

3. Hasil dan Analisa

3.1 Throughput

3.2.1 Throughput Program Simulasi Tipe AM

Dalam program simulasi tipe AM ini akan dibandingkan hasil *throughput* dari tiga skenario. Skenario pertama terdiri dari 6 *node* UE, skenario kedua terdiri dari 10 *node* UE dan skenario ketiga terdiri dari 14 *node* UE, dimana simulasi berlangsung dalam waktu yang sama yaitu 200 detik.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Throughput Program Simulasi Tipe AM

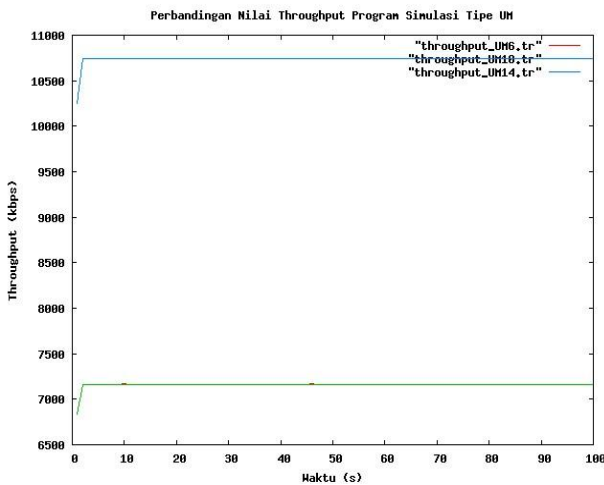
Grafik di atas menunjukkan perbandingan hasil *throughput* program simulasi tipe AM untuk tiga skenario yang berbeda. Untuk nilai *throughput* terbesar ditunjukkan pada skenario pertama dengan 6 *node* UE, kemudian dilanjutkan oleh skenario kedua dengan 10 *node* UE dan skenario ketiga dengan 14 *node* UE.

Throughput rata-rata terbaik ditunjukkan oleh skenario pertama dengan 6 *node* UE yaitu 150.842 Kbps. Hal ini dikarenakan pada skenario pertama hanya terdapat 6 *node* UE, sehingga trafik yang terjadi tidak terlalu padat yang menyebabkan jumlah paket yang diterima juga semakin banyak.

Pada skenario kedua dan ketiga dengan 10 *node* UE dan 14 *node* UE terjadi penurunan nilai *throughput* menjadi 150.675 Kbps dan 149.594 Kbps. Hal ini dikarenakan pada skenario kedua jumlah *node* UE dan trafik lebih banyak dari skenario pertama. Jumlah *node* UE yang semakin banyak pada simulasi ini menyebabkan paket yang diterima menjadi berkurang dan menyebabkan terjadinya *drop* sehingga menurunkan nilai *throughput*.

3.2.2 Throughput Program Simulasi Tipe UM

Sama halnya dengan program simulasi tipe AM, pada program simulasi tipe UM juga akan dibandingkan hasil *throughput* dari tiga skenario. Skenario pertama terdiri dari 6 *node* UE, skenario kedua terdiri dari 10 *node* UE dan skenario ketiga terdiri dari 14 *node* UE, dimana simulasi berlangsung dalam waktu yang sama yaitu 200 detik. Berikut adalah grafik perbandingan nilai *throughput* program simulasi tipe UM pada setiap skenario:



Gambar 5. Grafik Perbandingan *Throughput* Program Simulasi Tipe UM

Grafik di atas menunjukkan perbandingan hasil *throughput* simulasi tipe UM untuk tiga skenario yang berbeda. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai *throughput* cenderung konstan, ditunjukkan dengan selisih nilai yang kecil pada setiap skenario. Hal ini dikarenakan penggunaan CBR (*Constant Bit Rate*) yang memungkinkan untuk mempertahankan laju bit agar tetap berjalan konstan selama simulasi berlangsung dan mempersempit adanya penundaan transfer data.

Untuk nilai *throughput* rata-rata terbesar ditunjukkan pada skenario ketiga dengan 14 *node* UE, kemudian skenario pertama dengan 6 *node* UE dan kedua dengan 10 *node* UE yang memiliki selisih yang sangat kecil. Dapat dilihat pada grafik di atas, *throughput* dari skenario pertama bertumpuk dengan skenario kedua, ini dikarenakan nilai *throughput* yang dihasilkan oleh kedua skenario ini memiliki nilai yang hampir sama.

Pada simulasi tipe UM ini berbanding terbalik dengan hasil pada simulasi tipe AM, terlihat bahwa *throughput* rata-rata terbaik ditunjukkan oleh skenario ketiga dengan 14 *node* UE yaitu 10739 Kbps jika dibandingkan dengan skenario pertama dan kedua yang bernilai 7156.96 Kbps dan 7156.8 Kbps.

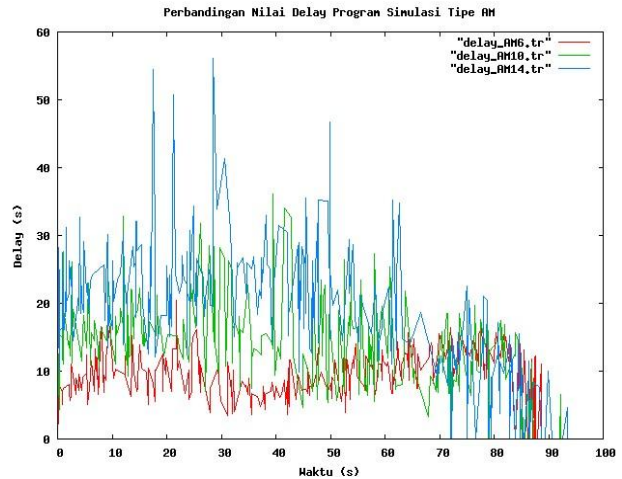
Program simulasi tipe UM ini menunjukkan bahwa jumlah paket yang diterima pada setiap pengiriman paket paling banyak terjadi pada skenario ketiga sehingga nilai *throughput* yang dihasilkan jauh lebih besar dibandingkan dua skenario lainnya.

Jumlah *node* UE yang semakin banyak pada simulasi ini, menyebabkan jumlah paket yang diterima pada setiap pengiriman paket semakin banyak sehingga nilai *throughput* yang dihasilkan juga akan semakin besar.

3.2 Delay

3.2.1 Delay Program Simulasi Tipe AM

Dalam program simulasi tipe AM ini akan dibandingkan hasil *delay* dari tiga skenario. Skenario pertama terdiri dari 6 *node* UE, skenario kedua terdiri dari 10 *node* UE dan skenario ketiga terdiri dari 14 *node* UE, dimana simulasi berlangsung dalam waktu yang sama yaitu 200 detik.



Gambar 6. Grafik Perbandingan *Delay* Program Simulasi Tipe AM

Grafik di atas menunjukkan perbandingan hasil *delay* program simulasi tipe AM untuk tiga skenario yang berbeda. Pada grafik di atas, nilai *delay* yang terbaik dihasilkan oleh skenario pertama dengan 6 *node* UE, kemudian dilanjutkan oleh skenario kedua dengan 10 *node* UE dan skenario ketiga dengan 14 *node* UE.

Delay rata-rata terbaik ditunjukkan oleh skenario pertama dengan 6 *node* UE yaitu 8.28023 detik jika dibandingkan dengan skenario kedua dan ketiga yang bernilai 12.184 detik dan 17.6225 detik.

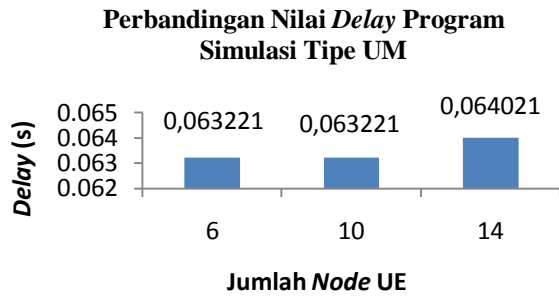
Jumlah *node* UE yang semakin banyak pada simulasi ini, menyebabkan jumlah trafik yang semakin padat sehingga waktu yang dibutuhkan untuk setiap pengiriman paket semakin besar, oleh karena itulah *delay* yang dihasilkan semakin besar. Ini juga dipengaruhi oleh adanya proses pengiriman kembali paket-paket yang mengalami kesalahan (*retransmisi*), semakin padat trafik semakin besar probabilitas paket yang mengalami kesalahan dan juga semakin banyak proses *retransmisi* sehingga semakin besar *delay* yang dihasilkan.

3.2.2 Delay Program Simulasi Tipe UM

Sama halnya dengan program simulasi tipe AM, pada program simulasi tipe UM juga akan dibandingkan hasil *delay* dari tiga skenario. Skenario pertama terdiri dari 6

node UE, skenario kedua terdiri dari 10 node UE dan skenario ketiga terdiri dari 14 node UE, dimana simulasi berlangsung dalam waktu yang sama yaitu 200 detik.

Dari perhitungan nilai *delay* yang telah diperoleh dapat dibuat grafik 10



Gambar 7. Grafik Perbandingan Delay Rata-rata Program Simulasi Tipe UM

Grafik di atas menunjukkan perbandingan hasil *delay* program simulasi tipe UM untuk tiga skenario yang berbeda. Pada grafik di atas, nilai *delay* yang terbaik dihasilkan oleh skenario pertama dan kedua yaitu dengan 6 node UE dan 10 node UE, kemudian dilanjutkan oleh skenario ketiga dengan 14 node UE.

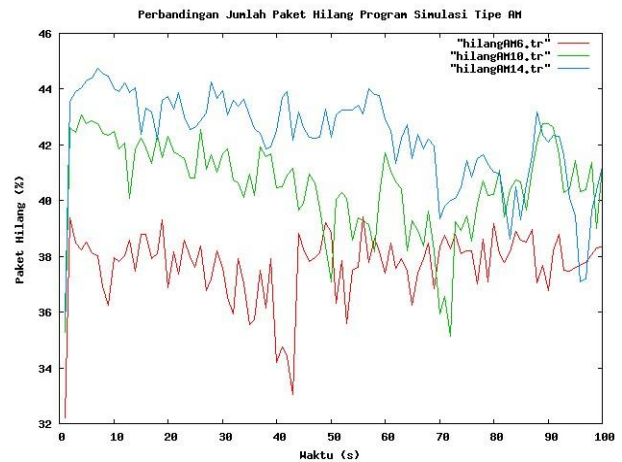
Delay rata-rata terbaik ditunjukkan oleh skenario pertama dan kedua dengan 6 node UE dan 10 node UE yaitu 0.0632214 detik sedangkan skenario ketiga bernilai lebih besar yaitu 0.0640211 detik.

Dari grafik di atas dapat dilihat kenaikan nilai *delay* terjadi pada skenario ketiga. Ini terjadi karena kepadatan trafik yang terjadi menyebabkan waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan paket semakin besar.

3.3 Paket Hilang

3.3.1 Paket Hilang Program Simulasi Tipe AM

Dalam program simulasi tipe AM ini akan dibandingkan hasil paket hilang dari tiga skenario. Skenario pertama terdiri dari 6 node UE, skenario kedua terdiri dari 10 node UE dan skenario ketiga terdiri dari 14 node UE, dimana simulasi berlangsung dalam waktu yang sama yaitu 200 detik.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Jumlah Paket Hilang Program Simulasi Tipe AM

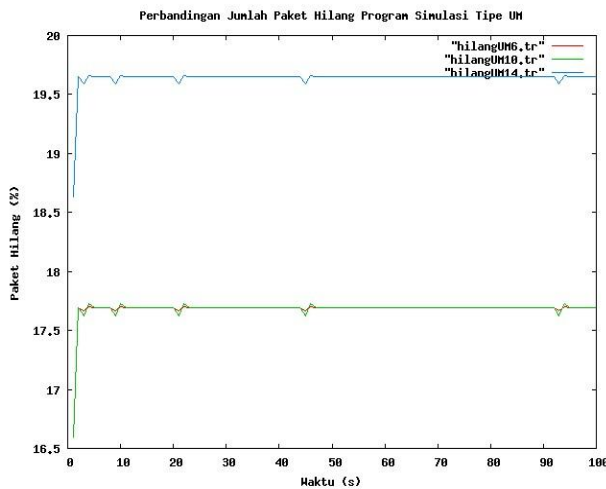
Grafik di atas menunjukkan perbandingan jumlah paket hilang program simulasi tipe AM untuk tiga skenario yang berbeda. Dari grafik di atas, nilai paket hilang terbesar ditunjukkan pada skenario ketiga dengan 14 node UE, kemudian dilanjutkan oleh skenario kedua dengan 10 node UE dan skenario pertama dengan 6 node UE.

Jumlah paket hilang rata-rata terbaik ditunjukkan oleh skenario pertama dengan 6 node UE yaitu 37.6466 %, diikuti oleh skenario kedua yaitu 40.5601 % dan skenario ketiga dengan jumlah paket hilang terbesar yaitu 42.2793%. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah node UE yang semakin banyak pada simulasi ini, menyebabkan trafik yang terjadi semakin terlalu padat sehingga jumlah paket yang mengalami *drop* semakin besar.

Dari hasil yang diperoleh, jumlah paket hilang yang dihasilkan oleh ketiga skenario sangat besar. Namun, sebenarnya nilai-nilai diperoleh merupakan jumlah paket hilang dari paket *header* yang *drop*, karena dalam simulasi seluruh paket informasi terkirim dengan baik tanpa ada satu pun yang mengalami *drop*. Header ini berisi nomor urut dari paket yang dikirimkan dan sebuah ACK (*Acknowledgement*) dari data yang masuk. Oleh karena itu, semakin padat trafik dan semakin banyak proses retransmisi maka paket hilang yang dihasilkan akan semakin besar.

3.3.2 Paket Hilang Program Simulasi Tipe UM

Sama halnya dengan program simulasi tipe AM, pada program simulasi tipe UM juga akan dibandingkan hasil paket hilang dari tiga skenario. Skenario pertama terdiri dari 6 node UE, skenario kedua terdiri dari 10 node UE dan skenario ketiga terdiri dari 14 node UE, dimana simulasi berlangsung dalam waktu yang sama yaitu 200 detik.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Jumlah Paket Hilang Program Simulasi Tipe UM

Grafik di atas menunjukkan perbandingan jumlah paket hilang program simulasi tipe UM untuk tiga skenario yang berbeda. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa jumlah paket hilang cenderung konstan, ditunjukkan dengan selisih nilai yang kecil pada setiap skenario. Hal ini dikarenakan penggunaan CBR (*Constant Bit Rate*) yang memungkinkan untuk mempertahankan laju bit agar tetap berjalan konstan selama simulasi berlangsung dan mempersempit adanya penundaan transfer data.

Untuk nilai jumlah paket hilang terbesar ditunjukkan pada skenario ketiga dengan 14 *node* UE, kemudian skenario kedua dengan 10 *node* UE dan pertama dengan 6 *node* UE yang memiliki selisih yang sangat kecil. Dapat dilihat pada grafik di atas, paket hilang dari skenario pertama bertumpuk dengan skenario kedua, ini dikarenakan jumlah paket hilang yang dihasilkan oleh kedua skenario ini memiliki nilai yang hampir sama.

Jumlah paket hilang rata-rata terbaik ditunjukkan oleh skenario pertama dengan 6 *node* UE yaitu 17.6774 %, diikuti oleh skenario kedua yaitu 17.6776 % dan skenario ketiga dengan jumlah paket hilang terbesar yaitu 19.641 %. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah *node* UE yang semakin banyak pada simulasi ini, menyebabkan trafik yang terjadi semakin terlalu padat sehingga jumlah paket yang mengalami *drop* semakin besar.

Dari hasil yang diperoleh, jumlah paket hilang yang dihasilkan oleh ketiga skenario sangat besar. Namun, sebenarnya nilai-nilai yang diperoleh merupakan jumlah paket hilang dari paket *header* yang *drop*, karena dalam simulasi seluruh paket informasi terkirim dengan baik tanpa ada satu pun yang mengalami *drop*.

3.4 Perbandingan Program Simulasi AM dan UM

Dari hasil perbandingan pada tiap skenario untuk paramete-parameter yang ada, maka dapat dituliskan pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Program Simulasi Tipe AM dan UM

| Program Simulasi | Parameter | | |
|------------------|-------------------|---------------|------------------|
| | Throughput (Kbps) | Delay (Detik) | Paket Hilang (%) |
| AM | 150.37 | 12.69557 | 40.162 |
| UM | 8350.92 | 0.063488 | 18.332 |

Dari tabel 1 di atas dapat dilihat bahwa program simulasi AM dan UM memiliki kinerja jaringan yang berbeda. Program simulasi tipe UM memiliki nilai *throughput* yang baik, dalam hal ini penggunaan protokol UDP (*User Datagram Protocol*) sebagai *transport agent* dalam simulasi sangat berpengaruh terhadap hasil simulasi. Protokol ini digunakan untuk aplikasi yang tidak mementingkan mekanisme realibilitas, dimana pengirimannya berlangsung terus menerus dan lebih mengutamakan kecepatan pengiriman data tanpa memperhatikan besarnya paket yang hilang. Ini sangat sesuai dengan karakteristik UM yang tidak memiliki keandalan dalam pengiriman datanya namun sangat efisien terhadap waktu. Sehingga pada simulasi ini, tipe UM akan mengirimkan paket secara terus-menerus tanpa menjamin paket akan diterima di sisi penerima dengan baik.

Sedangkan pada AM menggunakan *transport agent* TCP (*Transport Control Protocol*) yang sangat mementingkan mekanisme realibilitas terhadap pengiriman data, dimana pada setiap pengiriman paketnya akan diikuti oleh adanya ACK (*Acknowledgement*) yang menandakan paket sudah diterima dan akan mengirimkan kembali paket-paket yang *drop*. Ini sesuai dengan karakteristik AM yang memiliki keandalan dan menjamin terhadap setiap pengiriman paket data. Pada simulasi ini, tipe AM mengirimkan paket dengan mekanisme realibilitas dan akan mengirimkan kembali paket-paket yang mengalami kesalahan. Oleh karena itulah, pada simulasi ini nilai *throughput* UM lebih besar dibandingkan dengan AM.

AM dan UM memiliki beberapa perbedaan dalam proses pengiriman data. AM memiliki keandalan dalam pengiriman data dengan adanya mekanisme ARQ (*Automatic Request*) sebagai pengoreksi kesalahan, namun menyebabkan *delay* yang cukup besar. Lain halnya dengan UM yang tidak menjamin terhadap pengiriman data namun sangat efisien dalam waktu, *delay* yang dihasilkan jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan AM. Ini menunjukkan bahwa AM lebih cocok digunakan dalam pengiriman data yang membutuhkan keandalan terhadap pengiriman datanya. Sedangkan UM cenderung

lebih cocok digunakan untuk pengiriman data yang bersifat terus menerus dengan ketepatan waktu yang baik.

Dari beberapa keunggulan dan kelemahan tersebut, dalam hal penggunaan AM dan UM akan disesuaikan dengan kebutuhan. AM akan lebih efisien jika digunakan dalam pengiriman data yang membutuhkan keandalan dalam transfer data, seperti: transfer dokumen teks, email dan halaman web lainnya. Sedangkan UM akan lebih efisien jika digunakan dalam pengiriman data yang membutuhkan ketepatan waktu, seperti: streaming video, telepon video dan sebagainya.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa nilai *throughput* rata-rata terbaik pada program simulasi tipe AM (*Acknowledged Mode*) dihasilkan oleh skenario pertama dengan 6 *node* UE yaitu 150.842 Kbps, sedangkan pada program simulasi tipe UM (*Unacknowledged Mode*) nilai *throughput* terbaik dihasilkan oleh skenario ketiga dengan 14 *node* UE yaitu 10739 Kbps, untuk Nilai *delay* rata-rata terbaik pada program simulasi tipe AM (*Acknowledged Mode*) maupun UM (*Unacknowledged Mode*) dihasilkan oleh skenario pertama dengan 6 *node* UE yaitu 8.28023 detik dan 0.0632214 detik. Sedangkan untuk nilai paket hilang pada program simulasi tipe AM (*Acknowledged Mode*) dan UM (*Unacknowledged Mode*) dihitung berdasarkan jumlah paket header yang mengalami *drop*, hal ini dikarenakan tidak satu pun paket informasi yang mengalami *drop*.

Penggunaan *transport agent* UDP (*User Datagram Protocol*) menyebabkan program simulasi tipe UM (*Unacknowledged Mode*) menghasilkan nilai *throughput* yang jauh lebih besar yaitu 8350.92 Kbps jika dibandingkan dengan AM (*Acknowledged Mode*) yaitu 150.37 Kbps. Sedangkan penggunaan *transport agent* TCP (*Transport Control Protocol*) menyebabkan program simulasi tipe AM (*Acknowledged Mode*) memiliki nilai *delay* yang jauh lebih besar yaitu 12.6955766 detik jika dibandingkan dengan UM (*Unacknowledged Mode*) yaitu 0.06348846 detik. Adanya ACK (*Acknowledgement*) pada setiap pengiriman paket untuk simulasi tipe AM menyebabkan program simulasi tipe AM (*Acknowledged Mode*) memiliki jumlah paket hilang yang jauh lebih besar yaitu 40.162% jika dibandingkan dengan UM (*Unacknowledged Mode*) yaitu 18.332%.

Berdasarkan hasil pengujian terhadap program simulasi dan analisis kinerja jaringan UMTS menggunakan NS2 ini, diharapkan dilakukan penelitian lanjutan yang dirancang dalam dua sel dengan *user* yang bergerak sehingga terjadi *handover* menggunakan *Dedicated Channel* (DCH) dan *High Speed-Downlink Shared Channel* (HS-DSCH) untuk kemudian dibandingkan dengan hasil penelitian ini sehingga diperoleh kesimpulan

kanal yang menghasilkan kinerja yang lebih baik. Dapat juga dirancang untuk UE (*User Equipment*) dengan berbagai kondisi, seperti: pejalan kaki, di dalam ruangan dan mengendarai kendaraan.

Referensi

- [1]. Anthony Lo, Heijenk, G., and Neiemegeers, I., *Performance evaluation of MPEG-4 Video Streaming over UMTS Network using an Integrated Tool Environment*. Netherland: Delft University of Technology an University of Twente.
- [2]. Bagus E.P., Indra, *Simulasi Jaringan Wireless GSM Berbasis Perangkat Lunak*, Jurusan Teknik Telekomunikasi Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2006.
- [3]. Choi, G.D., Back, S.A., and Kwan Ho, C.C., *UMTS Cellular & Wi-Fi Network Simulations in NS-2*, ENSC 427 Group 05 – Final Report, 2012.
- [4]. Fall, K., and Varadhan, K., *The ns Manual (formerly ns Notes and Documentation)*, the VINT Project, 2008.
- [5]. Finland, H., *Radio Interface Protocol Architecture for 3G Mobile System*, Telecommunication Technology Committee (TTC) and Association of Radio Industries and Bussinesses (ARIB), 1999.
- [6]. Gluchowski, R., *Packet Scheduling Algorithms in HSDPA UMTS Simulation*, Warsaw University of Technology Information Technology & Electronics Departement Institutur of Telecommunications, 2007.
- [7]. Haichuan, Z., and Jianqiu Wu, *Implementation and Simulation of HSDPA functionality with NS-2*, Linkoping: Master Thesis in Division of Automatic Control Department of Electrical Engineering, 2005.
- [8]. Informa Telecoms, *UMTS Air Interface*, Training Excellence Telecoms Academy.com.
- [9]. Issariyakul, T., and Hossain, E., *Introduction to Network Simulator NS2*, New York: Springer Science+Bussiness Media, 2009.
- [10]. Loetscher, M., *Simulative Performance Optimization for TCP over UMTS*, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, 2003.
- [11]. Lundsten, E., *Improving 3G Performance for The Mobile Internet*, Master of Thesis Performed at Center for Wireless Systems, KTH and Telia Research.
- [12]. Manurung, C.H., *Perbandingan Tipe MAC Pada Jaringan VSAT Mesh Dengan NS-2*, Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- [13]. M.Mutairi, A., and Baroudi, U.A., *NS-2 Enhancements for Detail HSDPA Simulations*, Saudi Arabia: EURANE, 2008.
- [14]. Nurhayati, O.D., *Sistem Komunikasi Multimedia*, Program Studi S1 Sistem Komputer Universitas Diponegoro.
- [15]. Olivier, H., and Raes, S., *Improvements to the "University of Strathclyde" ns-2 UMTS Module*, http://www.info.tundp.ac.be/~lsc/Research/ns-2_UMTS/, Mei 2012
- [16]. Panchaem, Arisa, P., Kamolpiwong, S., Unhawiwat, M., and Saewong, S., *Evaluation of UMTS RLC Parameters for MPEG-4 Video Streaming*. ECTI Transactions on Computer and Information Technology Vol.3, 2007.
- [17]. Sari R.T., Purnamasari, P.D., Zaini, F., and Gultom A.D., *Performance Evaluation of IP Based Multimedia Services*

in UMTS, Electrical Engineering Departement Faculty of Engineering University of Indonesia, 2008

- [18]. Vranjes, M., Svedek, T., and Rimac-Drlje, T., *The Use of NS-2 Simulator in Studying UMTS Performances*, International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems, 2010.
- [19]. Whillans, N., *End-to-End Network Model for Enhanced UMTS Version 2*, SEACORN Enhanced UMTS, 2003.
- [20]. Wirawan, A.B., dan Indarto, E., *Mudah Membangun simulasi dengan Network Simulator – 2 (NS-2)*, Yogyakarta: ANDI, 2004.
- [21]. *Arsitektur Jaringan WCDMA UMTS*, <http://digilib.ittelkom.ac.id/>, Mei 2012
- [22]. *EURANE User Guide (Release 1.3)*, <http://ebookbrowse.com/eurane-user-guide-1-3-pdf-d186327628>, Oktober 2012.
- [23]. *Komunikasi 3G*, <http://www.scribd.com/doc/30246429/komunikasi-3G>, Mei 2012.
- [24]. *Konsep Dasar dan Perbedaan antara Protokol TCP dan UDP*, <http://ardiansyahtkj86.wordpress.com/>, Oktober 2012
- [25]. *Konsep WCDMA 3G*, <http://www.scribd.com/>, Mei 2012.
- [26]. *Perbedaan TCP dan UDP*, <http://renyromanisti.blogspot.com/>, Oktober 2012
- [27]. *Sistem Komunikasi Bergerak*, <http://www.scribd.com/>, Mei 2012.
- [28]. *Teknologi 3G*, <http://ilmukomputer.org/>, Mei 2012.
- [29]. *UMTS source code*, http://ru6.cti.gr/ru6/umts_ns2.php, <http://eurane.ti-wmc.nl/>, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>, <http://www.linuxquestions.org/>, <http://read.pund.com/>, <http://sourceforge.net/>, Mei 2012.