

ANALISIS PERFORMANSI *TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL (TCP)* YANG DISEBABKAN OLEH *WIDEBAND EFFECT LOSS* PADA JARINGAN *UMTS*

Oleh:

Yetti Yuniati, S.T., M.T.

Email: yundaimut@gmail.com or yetti@unila.ac.id

Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung

Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145

Abstrak- *Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)* merupakan perkembangan global teknologi *mobile network* untuk *packet data*. Sistem *UMTS* ini menggunakan *Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA)* sebagai *air-interfacenya*. Seperti komunikasi radio network lainnya, misalnya *GPRS*, maka sebagian besar aplikasi dari *UMTS* bersifat *end-to-end application* yang menggunakan *Transmission Control Protocol (TCP)*. Pada jaringan yang menggunakan kanal radio, perubahan kondisi kanal, pergerakan user dapat mempengaruhi kinerja sistem. Pengaruh *shadowing*, *multiPath (Rayleigh fading)* inilah yang disebut sebagai *wideband effect loss*. *Wideband effect loss* ini dihitung menggunakan software *MatLab*. Hasil dari file trace perhitungan pengaruh *wideband effect loss* ini kemudian dijadikan input pada *NS-2 Simulator* untuk dihitung performansi jaringan *UMTS* yang menggunakan *HSDSCH*. Hasil dari uji kinerja sistem *UMTS* yang dipengaruhi oleh *wideband effect loss* sangat dipengaruhi oleh jarak user terhadap node B, jumlah user pada cell, kecepatan pergerakan user, *shadowing*, *multiPath*, dan *Rayleigh fading*. Performansi sistem *UMTS* yang paling baik diperoleh bila jarak user terhadap node B dekat ($\pm 300\text{m}$) sedangkan semakin jauh jarak user terhadap node B maka performansi sistem akan semakin menurun.

Kata Kunci: *TCP*, *multiPath*, *wideband effect loss*, *throughput*, *HSDSCH*, *UMTS*

Abstract- *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)* is the forthcoming global mobile network for *packet data*. This network uses the *Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA)* air interface. Contrary to other Radio Networks like *GPRS*, most of *UMTS* applications will be *end-to-end applications* and as a result the *Transmission Control Protocol (TCP)* will be used. In a wireless environment that used radio channel, mobile users can make the performance of system decrease. The influence of *multiPath (Rayleigh fading)* was

calculated by *MatLab* software. The result from *MatLab* trace used in *NS-2* environment to looking for the performance of *UMTS* system that used *HSDSCH* channel. The result of simulation have done, the performance of *UMTS* system *HSDSCH* channel that influence with radius user from node B, the number of user in cell, the moving of users, *shadowing*, *multiPath*, and *Rayleigh fading*. The best performance result was received if the radius of users is near from node B ($\pm 300\text{m}$), moreless if radius users from node B is far, so the performance will be decrease.

Keywords: *TCP*, *multiPath*, *wideband effect loss*, *throughput*, *HSDSCH*, *UMTS*

A. Pendahuluan

Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) merupakan jaringan *mobile* yang menyediakan layanan untuk paket data. Jaringan *UMTS* ini menggunakan *Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA)* air interface. Seperti jaringan radio lainnya misalnya *GPRS*, sebagian besar application pada *UMTS* bersifat *end-to-end application* dan sebagai protokolnya digunakan *Transmission Control Protocol (TCP)*.

Meskipun *TCP* sudah diperkenalkan beberapa tahun yang lalu pada jaringan “*wired internet*”, *TCP* terus dikembangkan agar dapat menjadi transfer *protocol*. Salah satu kelemahan *TCP* adalah dapat menyebabkan “*loss*” pada *mobile networks*. Hal ini disebabkan karena adanya *traffic congestion* or *losses* pada jaringan *wireless*. Tetapi dengan mekanisme *ARQ* maka “*loss*” yang terjadi dapat di atasi sehingga proses pengiriman data dapat berlangsung secara optimal.

Pada jaringan *UMTS* yang menggunakan kanal *HSDSCH*, kualitas kanalnya sangat dipengaruhi oleh *wideband effect loss*. *Wideband effect loss* ini dapat terdiri dari:

Rayleigh fading, shadowing dan *multipath fading*. Karena itu diperlukan suatu analisis untuk mengetahui bagaimana pengaruh *wideband effect loss* ini pada transfer data pada jaringan *UMTS*.

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti dan menganalisis bagaimana performansi *TCP* yang disebabkan oleh adanya *wideband effect loss* pada jaringan *UMTS*. Hal ini dilakukan agar operator dapat memberikan pelayanan yang optimal pada users.

Dalam paper ini dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak Network Simulator-2 dan Matlab 7.01 dan membandingkan performansi dari beberapa jenis *TCP* dengan tujuan untuk mengetahui jenis *TCP* mana yang paling cocok untuk diterapkan pada jaringan *UMTS*.

B. Tinjauan Pustaka

Dalam arti yang sederhana *TCP/IP* (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) adalah nama keluarga protokol jaringan. Protokol adalah sekelompok aturan yang harus diikuti oleh perusahaan-perusahaan dan produk-produk software agar dapat saling berkomunikasi antara satu dengan yang lainnya.

Istilah *TCP/IP* mengacu kepada seluruh keluarga protokol yang dirancang untuk mentransfer informasi sepanjang jaringan. *TCP/IP* merupakan dua protokol yang berbeda, di mana *TCP* bertanggung jawab memecah informasi ke dalam beberapa paket, sedangkan *IP* bertanggung jawab untuk mentransfer paket-paket tersebut sesuai tujuannya. Kemudian *TCP* yang ada pada tujuan akan menyatukan kembali paket-paket tersebut sesuai aslinya.

Kesederhanaan dan efisiensi yang dimiliki oleh *TCP/IP* memiliki kelemahan yang tak terpikirkan oleh penciptanya, bahwa protokol tersebut juga harus melaksanakan pekerjaan yang super kompleks. Untuk mengatasi kompleksitas dari protokol *TCP/IP* ini maka dilakukan pengembangan pada protokol *TCP/IP* tersebut. *TCP Reno* dan *TCP Sack* merupakan contoh

pengembangan protokol *TCP/IP*.

Protokol ini bersifat *Connection-based*, artinya kedua mesin pengirim dan penerima tersambung dan berkomunikasi satu sama lain sepanjang waktu. Teknologi *IP* adalah teknologi *connectionless oriented*, dimana proses transmisi informasi dari pengirim ke tujuannya tidak memerlukan pendefinisian jalur terlebih dahulu, seperti halnya teknologi *connection oriented*.

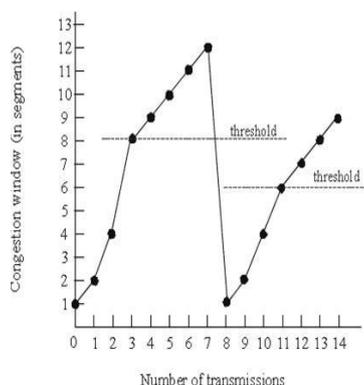
Kadang kala timbul kemacetan yang pada rute tertentu yang dalam dunia *IP* kerap diistilahkan sebagai kongesti, dan ini yang menjadi sebab utama keluhan lambat dari pada penikmat internet. Secara mendasar sulit untuk dibenahi karena memang sifat dari protokolnya seperti itu, tak ada *class of service* dalam penyampaian paketnya.

C. Dasar Teori

1. Kontrol Kongesti (Congestion Control)

[14]

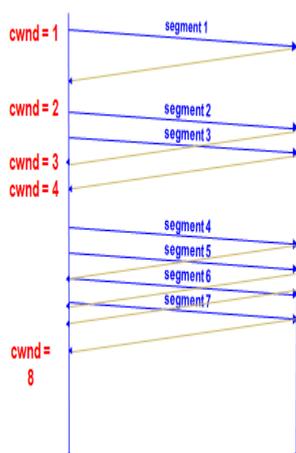
Algoritma kontrol kongesti *TCP* menentukan bagaimana *TCP* mencegah dan bereaksi terhadap terjadinya kongesti. Algoritma ini juga mencatat performansi *TCP* bila terjadi kesalahan. Dua variabel utama yang terlibat dalam kontrol kongesti *TCP* adalah *congestion window (cwnd)* dan *slow start threshold (sstresh)*. Saat membangun koneksi baru, *cwnd* diinisialisasikan dengan 64KB (maksimum *window size*). Variabel ini digunakan untuk mengontrol sejumlah data yang dikirim dengan algoritma kendali kongesti, *slow start*, *congestion avoidance* dan *fast recovery*. *Slow start* menaikkan *cwnd*, *fast recovery* menyesuaikan *cwnd* saat *loss*, dan *congestion avoidance* menaikkan dengan pelahan *cwnd*.



Gambar 2.1 Kurva Algoritma Kongesti [24]

Slow Start [8]

Slow start mengizinkan *TCP* memeriksa kondisi jaringan dengan menaikkan secara perlahan data yang diinjeksikan ke dalam network. Algoritma *slow start* menggunakan congestion window, untuk mengontrol *flow data*. *Cwnd* diinisialisasi ke satu segmen, biasanya 512 bytes. Prinsip *slow start* sederhana, bahwa untuk setiap ACK yang diterima, menambahkan satu segmen ke *cwnd*. Proses *slow start* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Ilustrasi Proses *Slow-Start* [24]

Pengirim dapat mengirimkan data sampai besarnya mendekati nilai *congestion windows* minimum. *Ssthresh* diinisialisasi ke *window* yang diperlihatkan penerima, dimana nilai *ssthresh* tersebut didapat dari setengah *cwnd* pada saat pengirim tidak menerima ACK. Saat *cwnd* lebih besar atau sama dengan nilai *ssthresh*, koneksi memasuki fase *congestion avoidance*. Jika kapasitas jaringan dapat dipenuhi sebelum *cwnd* lebih besar dari *ssthresh*, maka

gateway akan memberi sinyal kongesti dengan membuang segmen yang tidak tertampung pada *gateway* dan *TCP* akan memasuki fase *retransmit* setelah tiga ACK duplikat dikirimkan.

Congestion Avoidance [24]

Jalur *bottleneck* dapat terjadi saat saluran besar terhubung ke saluran kecil. Kongesti terjadi saat volume segmen dapat melampaui *buffer space gateway*. *Gateway* akan terus membuang segmen sampai *buffer space* tersedia. Proses ini memberi sinyal kongesti pada koneksi *TCP* melalui ACK duplikat atau *retransmission timeout*. Saat kongesti terjadi, koneksi melakukan *recovery* lalu memasuki fase *congestion avoidance*. Jika *retransmission timeout* terjadi, *cwnd* diset ke satu MSS. Saat *cwnd* > *ssthresh*, fase *slow start* selesai, dan *congestion avoidance* mengambil alih proses yang berlangsung.

Congestion window menaikkan *cwnd* dengan:

$$\text{Segment size} * \frac{\text{Segment size}}{\text{cwnd}}$$

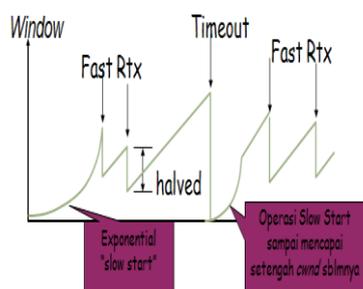
Saat fase *congestion avoidance*, *cwnd* tidak akan pernah dipecah lebih dari satu segmen per RTT dan semua segmen dalam *window* akan di-ACK yang menandakan bahwa data yang dikirimkan sudah sampai di penerima. Pada fase *congestion avoidance* prosesnya dapat digambarkan seperti laju pertumbuhan linear, sedangkan pada fase *slow-start* prosesnya dapat digambarkan seperti laju pertumbuhan eksponensial.

2. *Fast Retransmit dan Fast Recovery* [24]

RTO terjadi karena mendeteksi lost segment dalam *TCP*. Saat *timeout* terjadi, *TCP* akan kembali kepada fase *slow start* dan retransmit segmen yang lost. Ini menimbulkan retransmisi yang tidak perlu dari segmen *out-of-order* yang diterima, yang sedang disimpan di *buffer receiver*. Jacobson mengajukan fase *fast retransmit* dan kembali ke *slow start*. *Fast retransmit* terjadi bila tiga ACK duplikat memicu retransmisi paket yang hilang. Prinsip kerja

dari *fast retransmit* adalah bahwa kebanyakan segmen *out-of-order* akan muncul setelah satu atau dua segmen.

Setelah tiga ACK duplikat, telah aman jika diasumsikan segmen telah hilang. Jika pengirim sedang menerima ACK duplikat, maka data yang sedang melalui jaringan dan kembali ke *slow start* tidak dibutuhkan, sehingga *fast recovery* dapat dilakukan. Setelah tiga ACK duplikat, pengirim akan men-set *ssthresh* menjadi $1\frac{1}{2}$ *cwnd* yang meruntut turun ke banyak MSS yang terdekat. *Cwnd* diset sama dengan *ssthresh* ditambah tiga MSS ($1\frac{1}{2}$ *cwnd* ditambah tiga segmen yang diterima yang telah meninggalkan jaringan). Proses *fast retransmit* ini dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Fast Retransmit* dan *Fast Recovery*.^[24]

Cwnd akan di-*update* dengan satu MSS untuk setiap ACK duplikat tambahan yang diterima. Jika *cwnd* mengijinkan, pengirim akan mentransmit segmen baru kedalam jaringan. Segmen baru ini akan memicu ACK tambahan yang mungkin mengijinkan fase *fast retransmit* lainnya jika segmen tambahan telah hilang. Bila sepotong data baru di ACK, *congestion window* di set sama dengan *ssthresh*. Pengirim kemudian memasuki fasa *congestion avoidance*.

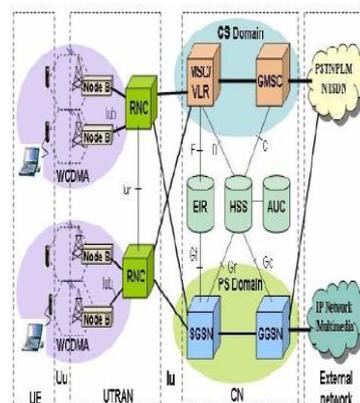
3. Konsep Dasar Sistem UMTS^[3] Umum
Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) merupakan suatu revolusi dari *GSM* yang mendukung kemampuan generasi ketiga (3G). *UMTS* menggunakan teknologi akses *WCDMA* dengan sistem *direct sequence wideband CDMA (DS-WCDMA)*, baik untuk *FDD* maupun *TDD*.

Pada *WCDMA FDD*, digunakan sepasang frekuensi pembawa 5 MHz pada uplink dan downlink, dengan alokasi frekuensi uplink 1945 MHz – 1950 MHz dan downlink 2135 MHz – 2140 MHz.

Arsitektur jaringan sistem *UMTS* dapat dilihat pada Gambar 2.6.

Teknologi akses *WCDMA* mempunyai beberapa parameter utama jika dibandingkan dengan sistem seluler generasi kedua, yaitu:

- Chip rate* sebesar 3,84 Mcps yang digunakan untuk membawa bandwidth selebar 5 MHz yang mampu mendukung servis data berkecepatan tinggi serta meningkatkan kapasitas sistem. Pengaturan *carrier spacing* dapat dipilih pada selang 200 KHz sebesar frekuensi 4,4 – 5 MHz. Tergantung pada interferensi antar *carrier* tersebut.
- WCDMA* mendukung layanan data dengan laju yang berubah-ubah, sehingga mendukung layanan *Bandwidth on Demand (BoD)*.



Gambar 2.4 Arsitektur Jaringan Sistem *UMTS*.^[2]

- WCDMA* mendukung operasi asynchronous base stations, sehingga tidak diperlukan referensi waktu global, seperti GPS.
- WCDMA* menggunakan deteksi koheren pada arah *uplink* dan *downlink* dengan menggunakan *pilot symbols* atau *common pilot*.
- Digunakan *multi user detection (MUD)* dan *smart adaptive antenna*

untuk meningkatkan kapasitas serta cakupan.

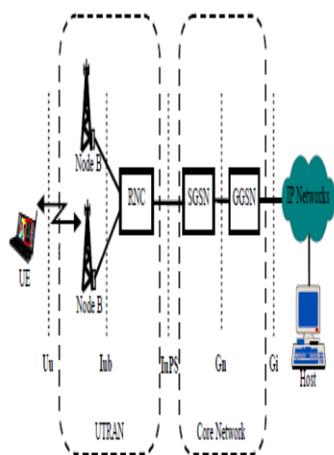
Dari Tabel 2.1 berikut ini akan diberikan beberapa parameter yang mewakili layer fisik WCDMA (asumsi *bandwidth* 2 x 5 MHz) [3]

Tabel 2.1 Parameter Layer Fisik WCDMA [3]

Carrier Spacing	5 MHz
Ch/P Rate	3.84 Mcps
Max Voice Channel	QPSK
Modulation	2560 ch/PS (Max. 2560 bit)
Number of Ch/PS / Slot	1500 Hz
Power Control Period	7.56bps – 960 kbps

D. Pemodelan Sistem [1]

Untuk memudahkan proses analisis yang dilakukan maka jaringan UMTS yang ada harus dimodelkan terlebih dahulu. Secara umum arsitektur UMTS dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu: User Equipment (UE), UTRAN yang terdiri dari RNC dan node B, serta Core Network yang terdiri dari SGSN dan GGSN. Arsitektur UMTS tersebut dapat dilihat di Gambar 2.5.

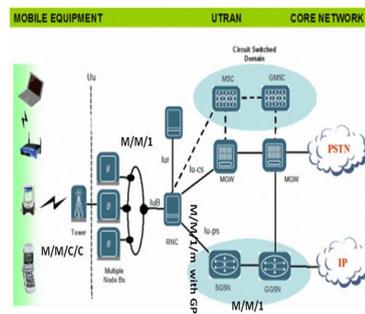


Gambar 2.5. UMTS Reference Architecture [1]

Proses Keberhasilan Pelayanan Aplikasi

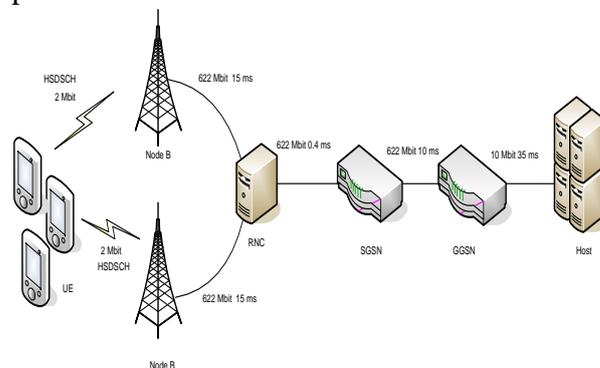
Suatu aplikasi agar dapat dilayani oleh jaringan 3.5G harus melewati semua interface dari jaringan tersebut. Data trafik yang berupa paket-paket tersebut harus melewati beberapa komponen dari jaringan 3.5G yang terdiri dari Node B, RNC, SGSN, GGSN dan IP network (host). Kemungkinan

terjadinya kegagalan pelayanan suatu aplikasi sangat dipengaruhi oleh kondisi jaringan 3.5G. Kemungkinan suatu aplikasi berhasil dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Jaringan 3.5G

Kemungkinan suatu layanan aplikasi berhasil adalah user meminta aplikasi ke operator melalui jaringan UMTS dan paket aplikasi tersebut sukses dilayani oleh keempat sistem antrian seperti yang terdapat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Pemodelan Jaringan UMTS untuk NS-2 Simulator

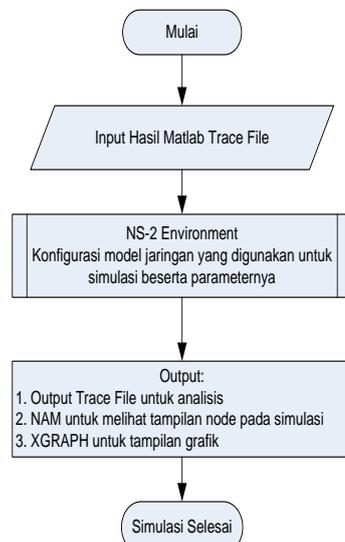
Pemodelan *wideband Effect Loss* pada simulasi ini ada tiga macam yaitu *shadowing*, *Multipath* dan *Rayleigh Fading*. Ketiga komponen dari *wideband* inilah yang akan diuji pengaruhnya terhadap performansi jaringan UMTS yang menggunakan protokol transport TCP.

Pemodelan *wideband effect loss* ini dilakukan dengan bantuan *software* Matlab untuk menghasilkan file *trace input* yang sesuai dengan pengaruh yang disebabkan oleh *shadowing*, *multipath*, *environment*, jumlah *user*, jarak *user* ke *node B*, dan kecepatan gerak *user*. Output dari *file trace* pengaruh *wideband effect loss* ini adalah level daya yang akan digunakan untuk

menentukan CQI (*Channel Quality Indicator*) optimal yang akan digunakan oleh user yang menggunakan layanan UMTS.

Proses Simulasi NS-2^[34]

Proses simulasi yang dilakukan untuk melakukan uji kinerja TCP pada jaringan UMTS dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Diagram Alir Simulasi pada NS-2

Parameter Sistem^[5]

Model sistem yang digunakan dalam simulasi berdasarkan pada standard UMTS dengan parameter sebagai berikut:

Tabel 2.2 : Parameter UMTS

Variabel	RNC	Node B	DCH	HSDSCH
Bandwidth UL/DL	32 kbs	32 kbs	64 kbs	64 kbs
TTI UL/DL	2 ms	10 ms	10 ms	2ms

Penentuan Jumlah User^[24]

Jumlah dari *user* ini dihitung berdasarkan kapasitas dari *cell*. Untuk menghitung kapasitas dari WCDMA Transceiver (TRX) secara teoritis maka perlu dibuat asumsi-asumsi. Asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Seluruh *users* yang berada pada TRX *coverage* mempunyai distribusi yang sama sehingga mereka mempunyai jarak yang sama ke TRX antenna.

- Level daya yang digunakan sama karena itu interefensi yang terjadi juga berada pada level yang sama.
- Seluruh *users* yang berada pada satu TRX menggunakan *baseband bit rate* yang sama dan symbol rate yang sama pula.

Untuk *admission control* 240kbps per user maka dapat dihitung jumlah user per cell adalah:

$$G_p = \frac{3840000}{240000} = 16 = \text{Spreading factor}$$

$$Eb/No = 3dB = (2,5dB + 0,5dB) \text{ noise}$$

$$X \approx \frac{G_p}{Eb/No} = \frac{16}{3dB} \approx 8 \text{ users per cell (dengan 1 TRX per cell)}$$

Untuk simulasi digunakan jumlah *user* sebanyak 5 dan 10 *user*.

E. Hasil Analisis

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengkaji kinerja *protocol TCP* yang diimplementasikan pada jaringan UMTS yang dipengaruhi oleh adanya *wideband effect loss*. Parameter yang akan diamati adalah kinerja sistem yaitu *throughput* dan *end-to-end delay* yang diterima oleh *user* yang menggunakan jaringan UMTS dengan kanal HSDSCH yang akan direpresentasikan dalam bentuk grafik *throughput vs time*, *packet vs queue packet*. Simulasi yang dilakukan menitikberatkan pada performansi dari tiga jenis TCP yaitu Tahoe, Reno dan Sack yang disebabkan adanya pengaruh *wideband effect loss*. Langkah awal yang akan dilakukan adalah mencari nilai CQI optimal dalam bentuk *file trace* untuk parameter-parameter dari jaringan radio, selanjutnya nilai CQI optimal yang didapatkan akan digunakan dalam simulasi NS-2 untuk membandingkan kinerja TCP Tahoe, Reno dan Sack. Nilai CQI ini juga menunjukkan besarnya nilai SNR dan prosentase BLER yang terjadi. SNR vs BLER ini digunakan dengan cara look-up table. Hal-hal yang akan dianalisis adalah kinerja dari ketiga jenis TCP, pengaruh kecepatan *user*, pengaruh jumlah *user* yang

dilayani oleh node B pada satu *cell*, pengaruh dari jarak *user* dengan *node B* terhadap *throughput* dan *end-to-end delay* serta pengaruh dari jenis aplikasi *service FTP* yang digunakan. Untuk hasil uji kinerja performansi *TCP Tahoe*, *Reno* dan *SACK* dengan jumlah *user*=5 dapat dilihat pada Tabel 2.3. Sedangkan hasil uji kinerja performansi *TCP Tahoe*, *Reno* dan *SACK* dengan jumlah *user*=10 dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.3 Uji Kinerja 5UE

Jumlah User = 5UE				
Jarak User	Hasil	Tahoe	Reno	Sack
300m	Avg_Throughput(Kbps)	606.841	273.312	580.805
	Avg_delay (ms)	16.83262	17.90479	17.51869
	Avg_Qdelay (ms)	6.83208	7.90427	7.51815
500m	Avg_Throughput(Kbps)	171.747	176.493	174.640
	Avg_delay (ms)	26.57735	21.34327	29.18968
	Avg_Qdelay (ms)	16.57684	11.34277	19.18917
700m	Avg_Throughput(Kbps)	120.997	131.003	111.387
	Avg_delay (ms)	40.16332	37.27015	40.04243
	Avg_Qdelay (ms)	30.16284	27.26969	30.04197

Tabel 2.4 Uji Kinerja 10UE

Jumlah User = 10UE				
Jarak User	Hasil	Tahoe	Reno	Sack
300m	Avg_Throughput(Kbps)	272.289	590.685	533.430
	Avg_delay (ms)	27.31260	29.79553	72.11548
	Avg_Qdelay (ms)	17.31207	19.79499	62.11493
500m	Avg_Throughput(Kbps)	175.266	175.266	220.881
	Avg_delay (ms)	49.39476	49.39475	41.07622
	Avg_Qdelay (ms)	39.39424	39.39423	31.07570
700m	Avg_Throughput(Kbps)	155.333	155.257	153.883
	Avg_delay (ms)	66.66541	75.20011	73.45018
	Avg_Qdelay (ms)	56.66491	65.19961	63.44968

F. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Semakin banyak jumlah *user* dalam satu *cell* yang menggunakan kanal *HSDSCH* maka akan meningkatkan pengaruh interferensi, *shadowing*, *multipath*, meningkatkan *load* trafik sistem, menurunkan nilai *throughput*, menambah besar jumlah *queue* paket di

jaringan, membuat *end-to-end delay* makin besar.

2. Jarak *user* dari *node B* akan mempengaruhi interferensi, *shadowing*, *multipath*. Semakin dekat jarak *user* dengan *node B* maka akan semakin tinggi level daya yang bisa diterima oleh *user* tersebut, bila semakin jauh dari *node B* maka level daya yang diterima akan semakin berkurang. Dari hasil simulasi di dapat untuk jarak *user*=300m memiliki nilai *throughput* paling tinggi, *end-to-end delay* yang paling rendah, jumlah paket yang menunggu di *buffer* makin sedikit. Sedangkan untuk jarak *user* paling jauh=700m didapat nilai *throughput* makin menurun, nilai *end-to-end delay* makin besar, dan jumlah paket yang menunggu di dalam sistem makin besar jumlahnya.
3. Jenis aplikasi trafik *FTP* yang digunakan berukuran 1000 bytes digunakan untuk membuat simulasi dalam kondisi load trafik yang besar. *Load* aplikasi trafik ini juga dipengaruhi oleh jumlah *user*. Semakin banyak jumlah *user* yang berada dalam satu *cell* maka beban trafik jaringan akan semakin berat.

Saran

1. Melakukan penelitian yang membandingkan kinerja protocol agent *TCP Tahoe*, *Reno* dan *Sack* pada jaringan *UMTS* yang menggunakan kanal *HSDSCH* bila aplikasi trafik yang digunakan beragam (*Mix-traffic*).
2. Melakukan kajian performansi bila pengaruh *wideband effect loss* tidak hanya pada *Rayleigh fading*, tetapi juga pada kondisi *vehicular* dengan kecepatan tinggi, misalnya 120 km/hr.

G. Daftar Pustaka

- [1] Assaad, Mohamad, Djamal Zeghlache, "UMTS HSDPA Systems", Aurbach Publications, New York 2006.
- [2] A. Klemm, C. Lindemann and M. Lohmann, "Traffic Modelling and Characterization for UMTS Network", GlobeCom2001, November 2001.

- [3] A. Bakre and B.R. Badrinath, Handoff and system support for indirect *TCP/IP*, in: Proceedings of 2nd Usenix Symposium on Mobile and Location-Independent Computing (April 1995) pp. 11–24.
- [4] A. Canton and T. Chahed, End-to-end reliability in *UMTS: TCP* over ARQ, in:
- [5] Bernhard H. Walke, "Mobile Radio Networks – Networking and Protocols", John Willey, 1999.
- [6] E. Altman, K. Avrachenkov and C. Barakat, "A stochastic model of *TCP/IP* with stationary random loss", in: Proceedings of ICGCOMM 2000 (2000) pp. 231–242^[2].
- [7] F. Khafizov and M. Yavuz, "*TCP* over CDMA2000 Networks", Internet Draft, draft-khafizov-pilc-cdma2000-00.txt
- [8] F. Baccelli and D. Hong, "*TCP* is max-plus linear", in: Proceedings of SIGCOMM 2000 (2000) pp. 219–230.
- [9] G. Holland and N.H. Vaidya, "*Analysis of TCP performance over mobile ad hoc networks*", in: *Proceedings of ACM Mobicom '99* (1999) pp. 219–230.
- [10] H. Inamura et al., "*TCP over 2.5G and 3G wireless networks*", draft-ietf-pilc-2.5g3g-07 (August 2002).
- [11] H. Singh and S. Singh, "*Energy Consumption of TCP Reno, Newreno, and SACK in Multi-Hop Networks*", ACM SIGMETRICS 2002, June 2002.
- [12] HSDPA *System Performance*. TGN-RAN Working Group 1 meeting #18. TSGR1#18(01)0036, Jan 2001^[1].
- [13] H. Balakrishnan et al., "*Improving TCP/IP performance over wireless networks*", in: *Proceedings of ACM Mobicom* (November 1995) pp. 2–11.
- [14] H. Balakrishnan, V.N. Padmanabhan and R.H. Katz, "*The effects of asymmetry on TCP performance*", in: *Proceedings ACM/IEEE Mobicom* (September 1997) pp. 77–89.
- [15] H. Kaaranen, A. Ahtianen, L. Laitenen, S. Naghian, V. Niemu, "*UMTS Networks Featuring the Internet*", Addison Wesley, 2001.
- [16] J. Lahteenmaki, "*Radio Network Planning – Methods for Next Generation Systems*", Optimizing Next Generation Mobile Networks – ICM Conference, March 2000.
- [17] K. Brown and S. Singh, "*M-TCP: TCP for mobile cellular networks*", ACM Computer Communications Review 27(5) (1997) 19–43.
- [18] K. Fall and S. Floyd, "*Simulation-based comparisons of Tahoe, Reno and SACK TCP*", ACM Computer Communication Review 26(3) (1996) 5–21.