

Perbaikan Kinerja Jaringan *EVDO Rev. B* Menggunakan Multicarrier

Performance Improvement on EVDO Rev. B Network Using Multi Carrier

Dwicahyo Aris Winarto¹ dan Irmayani²

¹ Network Engineer PT. ZTE Indonesia, Jakarta.

² Prodi Teknik Elektro, FTI-ISTN Jagakarsa, Jakarta 12640

Email : irmayani@istn.ac.id

Abstrak---Makalah ini membahas hasil penelitian peningkatan performansi jaringan *EVDO Rev. B* dengan menggunakan multi carrier yang mendukung fitur load balance. Peningkatan performansi jaringan *EVDO Rev. B* dilakukan dengan melakukan upgrade software pada sisi BSC, sehingga dapat dengan mudah diaktifkan menggunakan console NetNumen. Untuk melihat hasil performansinya, dilakukan analisa menggunakan software ZXPOS CNA. Sampel penelitian adalah Jaringan *EVDO Rev.B* yang menggunakan multicarrier dan Jaringan *EVDO Rev.A* biasa pada BTS ZTE_3391 yang berada di area BSD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai delay jaringan 276 ms ~ 403 ms didapatkan pada pengukuran saat upload dan download pada *EVDO Rev. A*, sedangkan hanya 174 ms ~ 311 ms pada *EVDO Rev. B*. Untuk nilai throughput didapatkan 172.71 Kbps pada pengukuran download dan 114.54 Kbps pada pengukuran upload di jaringan *EVDO Rev. A*, sedangkan pada *EVDO Rev. B*. nilai throughput meningkat menjadi 595.95 Kbps pada pengukuran download dan 360.33 Kbps pada pengukuran upload. Namun nilai packet loss didapatkan sebesar ~ 0% pada pengujian saat upload dan download baik pada jaringan *EVDO Rev. A* maupun *EVDO Rev. B*. Kelebihan yang didapatkan dari penerapan multi carrier ini adalah semakin menurunnya angka delay, dan semakin meningkatnya nilai throughput yang mencapai tiga kali lipat.

Kata kunci---*EVDO Rev. B, Multi Carrier, Throughput, Delay*

Abstract---This paper describes the improving of the network performance *EVDO Rev. B* by using a multi carrier that supports the load balance. The improved performance of *EVDO Rev. B* network was done by performing a software upgrade on the BSC side, so it can be easily activated using NetNumen console. To see the results of its performance, will be analyzed using software ZXPOS CNA. The research sampling was *EVDO Rev.B* network using multicarrier and *EVDO Rev.A* conventional network of the base stations ZTE_3391 in BSD area. The results show that the delay value of *EVDO Rev.A* network were 276 ms ~ 403 ms from upload and download measurement, while only 174 ms ~ 311 ms for *EVDO Rev.B*. The throughput value of 172.71 Kbps was obtained on download measurement and 114.54 Kbps on upload measurement in *EVDO Rev. A* network., while the throughput value of 595.95 KB was obtained on download measurement and 360.33 Kbps on upload measurement in *EVDO Rev. B* network. The packet loss value of 0% was obtained at the time of testing both the upload and download *EVDO Rev. A* and *EVDO Rev. B*. The advantages of multi carrier application was the declining number of delay, and increasing throughput rate up to three times.

Keywords---*EVDO Rev. B, Multi Carrier, Throughput, Delay*

1. PENDAHULUAN

EVDO merupakan singkatan dari *Evolution Data Only* yang kemudian berubah menjadi *Evolution Data Optimized*. Teknologi ini merupakan standar transmisi data nirkabel berkecepatan tinggi generasi ketiga. *EVDO* termasuk dalam teknologi 3G. Bedanya, jika 3G berlaku untuk jaringan GSM, maka *EVDO* adalah milik jaringan CDMA. *EVDO Rev. B* menggunakan teknologi *multi carrier* atau setara dengan menggunakan 3.75 MHz, dibuat dengan menggunakan arsitektur All-IP seperti halnya IMS. *EVDO Rev. B* merupakan pengembangan dari jaringan *EVDO Rev. A* yang menawarkan kecepatan

maksimum 9,3 Mbps sampai 14.7 Mbps untuk download dan 5,4 Mbps untuk upload. Tidak seperti *EVDO Rev. A* yang hanya mengijinkan penggunaan satu buah *carrier*, pada *EVDO Rev B* mengijinkan lalu lintas untuk memakai lebih dari satu *carrier*. Penggunaan lebih dari satu *carrier* ini dapat meningkatkan *data rate*.

2. METODEDA

Sebelum melakukan pengumpulan data untuk dianalisa, perlu dilakukan pengecekan kondisi BTS terlebih dahulu. Pengambilan data dilakukan

menggunakan NetNumen. Sampel penelitian adalah BTS ZTE 3391 pada Area BSD.

Pengecekan kondisi dilakukan untuk mengetahui apakah pada saat dilakukan pengumpulan *log file*, kondisi BTS dalam keadaan normal. Kriteria normal disini adalah saat fungsi BTS berjalan normal, sedang tidak ada alarm dan aktifitas pada BTS. Alarm sendiri terbagi menjadi *Service Affected (SA)* dan *Non Service Affected (NSA)*. SA Alarm adalah alarm yang berdampak pada layanan yang dilakukan oleh BTS, contohnya *Abis Link Down*, *CPU Overload*, dan *Antena Feeder VSWR Abnormal*. Sedangkan NSA alarm adalah alarm yang tidak berdampak pada layanan yang dilakukan oleh BTS, contohnya *Door Open*, *Grounding Cut*, *Fuel Tank Empty*.

Sedangkan menurut tingkat *severity*-nya, alarm dibagi menjadi *critical*, *major*, *minor*, dan *warning*. Alarm *critical* dan *major* pada umumnya berdampak terhadap kondisi layanan BTS. Sedangkan aktifitas yang berdampak pada kondisi BTS, misalnya *trial* teknologi baru, dan instalasi perangkat.

CPU pada BTS dalam keadaan normal. *Threshold* untuk penggunaan CPU sendiri adalah 80%, dimana jika melewati angka tersebut, maka akan terjadi gangguan pada servis BTS. Setelah mengetahui kondisi BTS yang akan dijadikan objek penelitian, maka langkah selanjutnya mengumpulkan data menggunakan metode *drive test*.

Metode yang digunakan adalah *drive test static* dan *indoor*, serta menggunakan *software ZXPOS CNT*. Tes yang dilakukan adalah melakukan *upload* dan *download* pada *server FTP* yang tersedia. Sebelumnya telah disediakan tiga buah *file* berukuran 10 MB, 30 MB, dan 50 MB yang telah dipotong menggunakan *software HJ-Split* untuk melakukan tes *upload*.

2.1 Pengambilan Data Log File Menggunakan ZXPOS CNT

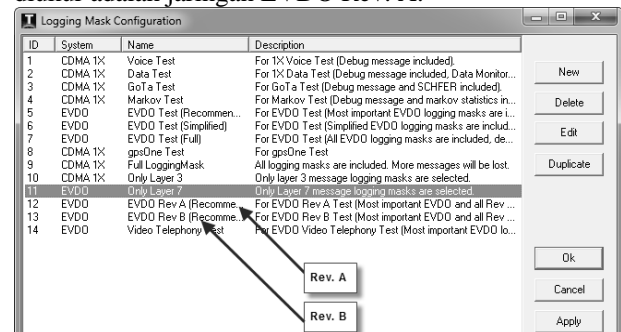
ZXPOS Communication Network Tester (CNT) atau biasa disingkat ZXPOS CNT adalah *software* untuk pengumpulan data radio pada jaringan seluler yang dikeluarkan oleh ZTE. Posisi pada saat melakukan *drive test indoor* berjarak sekitar 300 meter dari lokasi BTS. Pada makalah kali ini, *software* yang digunakan adalah ZXPOS CNT versi 5.94 Beta 1 yang digunakan dalam pengukuran jaringan CDMA. Langkah – langkah pengambilan data *log file* lebih lengkapnya dapat dilihat pada halaman lampiran.

2.2 Pengukuran Delay dan Packet Loss Menggunakan Ping Tester

Hal penting lainnya yang perlu diperhatikan dalam pengukuran kualitas kinerja EVDO Rev. B adalah *delay* dan *packet loss*. Untuk mengukur *delay* dan *packet loss* pada makalah kali ini menggunakan *software Ping Tester*. Ping Tester adalah *software* untuk melakukan pengukuran terhadap *delay* dan *packet loss* terhadap suatu jaringan data. Pada Ping Tester terdapat menu untuk mengatur setiap berapa kali ping dilakukan, berapa besar paket yang dikirimkan, dan jumlah tes yang dilakukan. Ping Tester dijalankan bersamaan pada saat proses *upload* dan *download* dilakukan. Semakin kecil nilai *delay* pada suatu jaringan, maka semakin baik jaringan tersebut. Satuan *delay* pada umumnya adalah *millisecond* (ms), dimana 1000 ms = 1 second. Sedangkan untuk *packet loss*, semakin kecil jumlah paket yang hilang selama proses pengiriman, maka semakin baik kualitas jaringan tersebut.

Pada makalah kali ini, proses ping dilakukan ke IP FTP server dengan alamat IP 10.17.119.26. Ukuran paket yang dikirimkan adalah 32 bytes, dengan *Test Interval* 600 ms. *Time Out* nya sebesar 2000 ms dan prosesnya dilakukan berulang – ulang hingga proses *upload* dan *download* selesai.

Jadi intinya, pada saat melakukan *drive test*, *software ZXPOS CNA* dan Ping Tester dijalankan bersamaan untuk mendapatkan data yang diperlukan. Pada tahap pengumpulan data yang pertama, yang diukur adalah jaringan EVDO Rev. A.

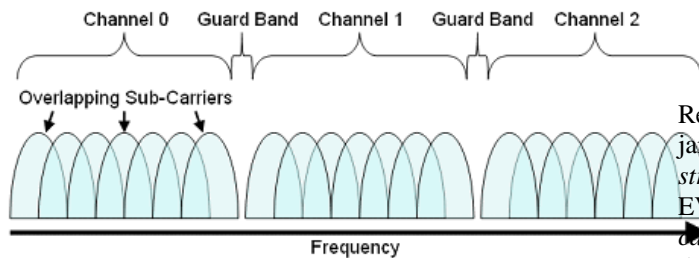


Gambar 1. Konfigurasi Penyimpanan Log File

Pada saat mengambil data dengan metode *drive test*, yang membedakannya adalah saat akan menyimpan *log file* ke dalam laptop. Seperti terlihat pada gambar 1. di atas. Sehingga tidak banyak perbedaan saat mengambil data baik untuk EVDO Rev. A maupun EVDO Rev. B. Langkah pengumpulan data yang pertama adalah mengumpulkan data EVDO Rev. A. Setelah data lengkap, maka selanjutnya adalah mengambil data EVDO Rev. B. Perbedaan antara EVDO Rev. A dan EVDO Rev. B adalah adanya *upgrade* *software* pada sisi BSC, sehingga pada EVDO Rev. B mendukung

fasilitas *multi carrier*. Pada jaringan milik Smartfren Telecom, setelah menerapkan EVDO Rev. B, maka parameter *Overload Control* diubah menjadi angka 1 yang berarti *enabled*. Parameter ini kemudian akan mengaktifkan fitur *load balance*, dimana dari gambar 3.9 dapat dilihat batas BTS melakukan *load balance* saat jumlah pengguna dalam satu *carrier* belum mencapai angka 30. Jika sudah mencapai angka 30, maka fitur *load balance* sudah tidak aktif lagi, dan selanjutnya penggunaan *carrier* diatur oleh sisi BSC.

Konsep *multi carrier* sendiri menggunakan OFDM. OFDM atau *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* adalah sebuah teknik transmisi atau modulasi yang menggunakan beberapa buah frekuensi yang saling tegak lurus (*orthogonal*). Pengiriman data dilakukan secara paralel pada domain frekuensi. Teknologi OFDM hampir sama dengan *Frequency Division Multiplexing* (FDM) dalam akses tiap pengguna yaitu membagi *bandwidth* yang ada menjadi beberapa kanal yang dialokasikan ke tiap pengguna, hanya saja pada OFDM menggunakan spektrum yang lebih efisien dengan spasi antar pengguna yang lebih dekat. Ini bisa dilakukan dengan membuat semua *subscriber* saling orthogonal, hal ini dikarenakan untuk menghindari interferensi antar pengguna yang berdekatan.



Gambar 2. Konsep OFDM

Saat melakukan *connection attempt*, maka sistem akan mengecek kapasitas *carrier* yang tersedia. Jika kapasitas *carrier* sedang penuh, maka pengguna tidak bisa terhubung pada jaringan EVDO Rev. B melalui *carrier* yang penuh. Pada umumnya, jika suatu *carrier* sedang penuh, maka pengguna akan dialihkan menuju *carrier* lain yang trafikanya belum penuh.

Hal ini dikenal dengan istilah *load balancing*. *Load balancing* dibutuhkan untuk menjaga layanan dan kepuasan pelanggan. Pengaturan *load balancing* dilakukan oleh sistem. Teknologi *load balancing* ini tidak harus menunggu suatu *carrier* trafikanya penuh. Pada contoh berikut akan dijelaskan penggunaan *load balancing* oleh sistem.

Suatu *carrier* dapat melayani 45 pelanggan dalam waktu yang bersamaan. Jika sudah mencapai angka 45, maka sistem akan menolak pelanggan lain yang mencoba mendapatkan layanan EVDO Rev. B. Pada suatu waktu satu buah *carrier* yang kemudian kita sebut *carrier 1* sedang melayani 10 orang pengguna. Pada saat yang bersamaan, pengguna kesebelas mencoba mengakses layanan EVDO Rev. B pada *carrier* tersebut.

Sistem akan mengecek terlebih dahulu pada *carrier* yang lain berapa jumlah pelanggan yang sedang mereka layani. Jika pada saat itu *carrier 2* sedang melayani 11 pelanggan, sedangkan *carrier 3* sedang melayani delapan orang pelanggan, maka pengguna akan dialihkan ke *carrier 3*. Dengan adanya *load balancing*, diharapkan kepuasan pelanggan tetap terjaga dengan jumlah *bandwidth* yang tersedia. Pada jaringan Smartfren sendiri, tersedia delapan buah *carrier* untuk melayani jaringan EVDO.

Tabel 1. Alokasi Penggunaan Carrier pada Operator Smartfren

Carrier No.	Channel	Frequency Band	Use Status
0	1175	1900 MHz [1]	DO
1	1150	1900 MHz [1]	DO
2	1125	1900 MHz [1]	DO
3	1100	1900 MHz [1]	DO
4	1075	1900 MHz [1]	DO
5	384	800 MHz [0]	1X [Voice + Packet]
6	425	800 MHz [0]	DO
7	466	800 MHz [0]	DO
8	507	800 MHz [0]	DO

Setelah terhubung dengan jaringan EVDO Rev. B, selanjutnya pengguna dapat menggunakan jaringan untuk melakukan mengirim email, *browsing*, *streaming*, *upload* dan *download*. Keunggulan dari EVDO Rev. B sendiri adalah adanya teknologi *multi carrier*. Pembagian *multi carrier* diatur oleh sistem, dalam hal ini *network elemen* yang berfungsi mengaturnya adalah BSC.

Dari beberapa aktivitas di atas, hal yang memperhatikan *throughput* pada umumnya adalah *download* dan *upload*. Hal – hal yang mempengaruhi nilai *throughput* antara lain *Carrier to Interference ratio* (C/I), *Rx Power* (kuat sinyal), *Data Rate Control* (DRC).

Tabel 2. Pengaruh C/I dan Kuat Sinyal terhadap DRC

Typical DRC terhadap kuat sinyal & Interferensi

		Daya Interferensi	
		Kuat	Lemah
Daya Sinyal	Kuat	DRC Rendah	DRC Tinggi
	Lemah	DRC Hancur	DRC sedang

C/I adalah rasio perbandingan sinyal *carrier* yang diterima oleh *Mobile Station* (MS) terhadap sinyal yang terdeteksi oleh MS, namun tidak

digunakan. Semakin besar dan positif nilai C/I, maka semakin baik. Satuan dari C/I adalah dB. Sedangkan Rx Power adalah kuat sinyal yang diterima oleh MS. Semakin mendekati positif nilai Rx Power, maka semakin baik.

Pengiriman data multimedia sangat rentan ketika melalui jaringan *wireless*. Oleh karena itu sangat diperlukan sistem kontrol data yang dapat mengontrol sesuai dengan kondisi MS yang diterima radio dan kanal dalam pengiriman data multimedia. Pada teknologi EVDO terdapat DRC sebagai sistem kontrol data.

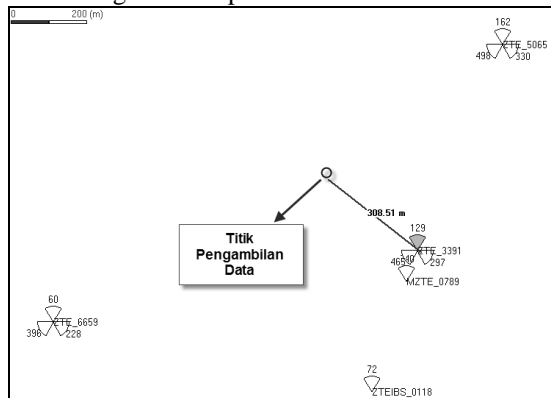
2.3 Analisa Dengan ZXPOS CNA

Untuk menganalisa hasil *drive test*, pada makalah kali ini digunakan *software ZXPOS CNA*. Penggunaan *software* ini dilakukan karena lebih kompatibel dengan *software ZXPOS CNT* yang sebelumnya digunakan untuk pengumpulan data *log file*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

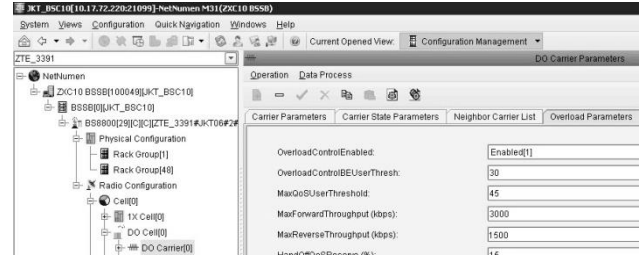
3.1 Proses Verifikasi

Pada tahap ini hal yang dilakukan adalah pengambilan data pada posisi statis dengan melakukan metode *upload* dan *download* pada *FTP server*. Pada *site ZTE_3391*, sektor yang menjadi fokus pengambilan data yaitu sektor 0 dengan PN 129 yang berwarna hijau. Jarak pada saat pengambilan data dari BTS berkisar 300 meter di dalam ruangan tertutup.



Gambar 3. Posisi BTS ZTE_3391 Sektor 0 dengan PN 129 di Area BSD

Pada tahap analisa yang pertama, dilakukan pengecekan parameter yang digunakan oleh ZTE_3391. Dari data yang diambil menggunakan NetNumen, terdapat beberapa parameter yang akan dijadikan referensi pada makalah ini, yaitu *Overload Parameters*. Parameter yang menjadi fokus adalah:



Gambar 4. *Overload Parameters* pada BTS ZTE_3391

MaxQoSUserThreshold: parameter yang mengontrol jumlah maksimum pengguna yang dapat terhubung. Jika jumlah pengguna sudah mencapai *threshold*, pengguna baru yang meminta akses akan ditolak oleh sistem.

OverloadControlBEUserThresh: parameter yang diatur untuk mengatur jumlah pengguna maksimum saat *load balance* digunakan.

OverloadControlEnabled: parameter pada BTS yang menentukan apakah fitur pengaturan jumlah pengguna secara *load balance* diaktifkan atau tidak. Enabled[1] untuk mengaktifkan dan Disabled[0] untuk menonaktifkan.

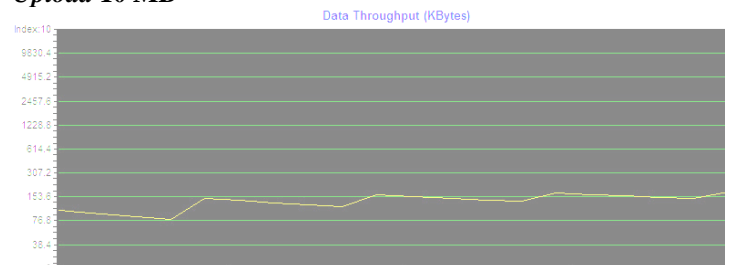
MaxForwardThroughput (kbps): maksimum *throughput download* yang diizinkan untuk diakses oleh sistem untuk kontrol penerimaan pengguna. Pada pengaturan tercantum nilai 3000. Rentang nilai untuk MaxForwardThroughput (kbps) adalah 0 – 3100.

MaxReverseThroughput (kbps): maksimum *throughput upload* yang diizinkan untuk diakses oleh sistem untuk kontrol penerimaan pengguna. Pada pengaturan tercantum nilai 1500. Rentang nilai untuk MaxForwardThroughput (kbps) adalah 0 – 1800.

3.2 Pengukuran Throughput EVDO Rev. A

3.2.1 Hasil Pengukuran Throughput Upload

Upload 10 MB

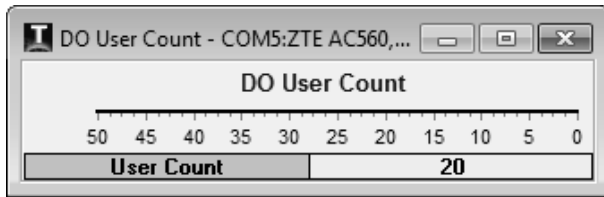


Gambar 5. *Throughput Upload* 10 MB di Jaringan EVDO Rev. A

Total waktu rata-rata *between first & last packet* = 87.3 s

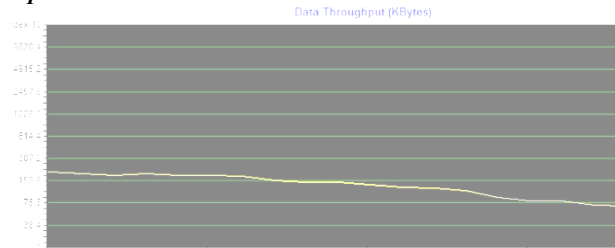
$$Throughput = \frac{10,000 \text{ (Kbyte)}}{87.3 \text{ (s)}}$$

Throughput = 114.54 Kbps



Gambar 6. Jumlah Pengguna Saat *Upload* 10 MB di Jaringan EVDO Rev. A

Upload 30 MB

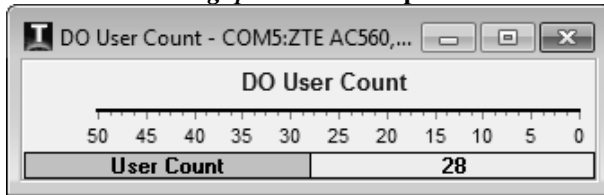


Gambar 7. *Throughput Upload* 30 MB di Jaringan EVDO Rev. A

Total waktu rata-rata *between first & last packet* = 266.9 s

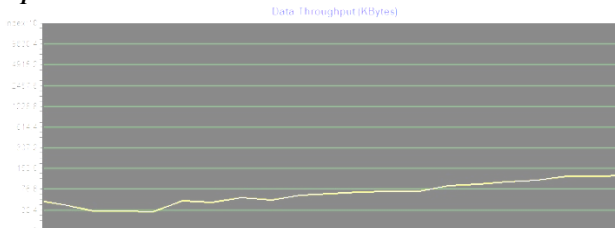
$$\text{Throughput} = \frac{30,000 \text{ (Kbyte)}}{306.9 \text{ (s)}}$$

Throughput = 97.75 Kbps



Gambar 8. Jumlah Pengguna Saat *Upload* 30 MB di Jaringan EVDO Rev. A

Upload 50 MB

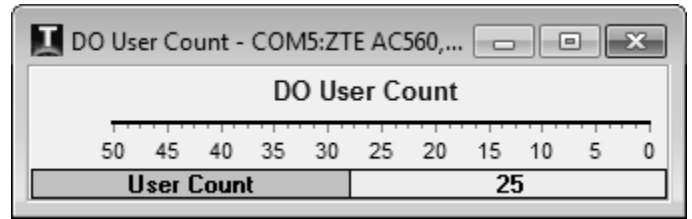


Gambar 9. *Throughput Upload* 50 MB di Jaringan EVDO Rev. A

Total waktu rata-rata *between first & last packet* = 441.2 s

$$\text{Throughput} = \frac{50,000 \text{ (Kbyte)}}{513.5 \text{ (s)}}$$

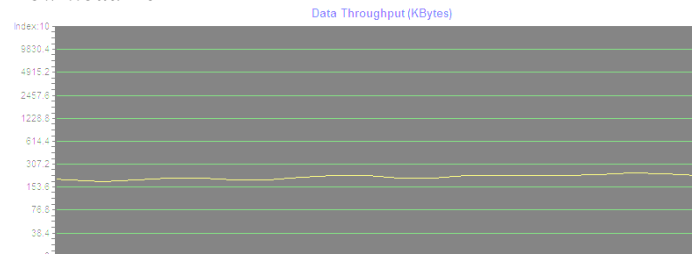
Throughput = 97.37 Kbps



Gambar 10. Jumlah Pengguna Saat *Upload* 50 MB di Jaringan EVDO Rev. A

3.2.2 Hasil Pengukuran *Throughput Download*

Download 10 MB

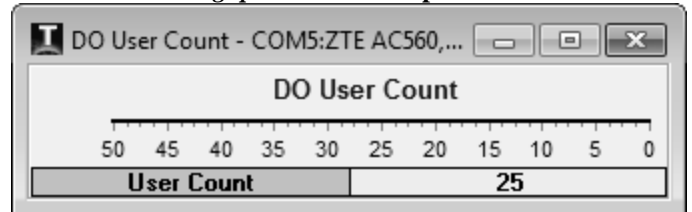


Gambar 11. *Throughput Download* 10 MB di Jaringan EVDO Rev. A

Total waktu rata-rata *between first & last packet* = 57.9 s

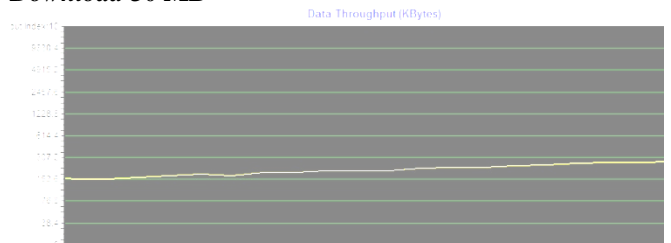
$$\text{Throughput} = \frac{10,000 \text{ (Kbyte)}}{57.9 \text{ (s)}}$$

Throughput = 172.71 Kbps



Gambar 12. Jumlah Pengguna Saat *Download* 10 MB di Jaringan EVDO Rev. A

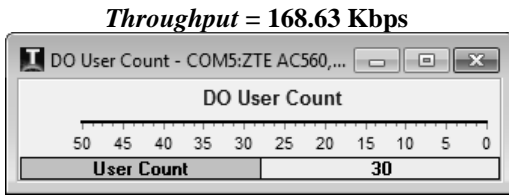
Download 30 MB



Gambar 13. *Throughput Download* 30 MB di Jaringan EVDO Rev. A

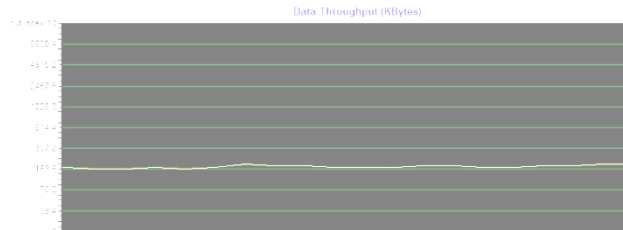
Total waktu rata-rata *between first & last packet* = 177.9 s

$$\text{Throughput} = \frac{30,000 \text{ (Kbyte)}}{177.9 \text{ (s)}}$$



Gambar 14. Jumlah Pengguna Saat *Download* 30 MB di Jaringan EVDO Rev. A

Download 50 MB

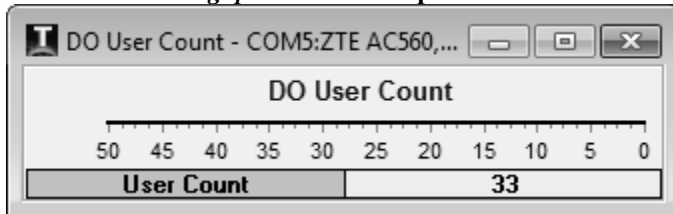


Gambar 15. *Throughput* Download 50 MB di Jaringan EVDO Rev. A

Total waktu rata-rata *between first & last packet* = 554.2 s

$$\text{Throughput} = \frac{50,000 \text{ (Kbyte)}}{344.2 \text{ (s)}}$$

$$\text{Throughput} = 145.26 \text{ Kbps}$$

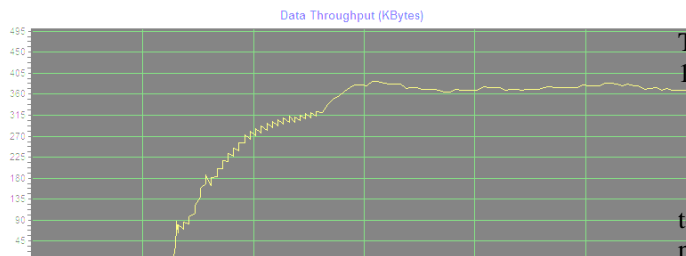


Gambar 16. Jumlah Pengguna Saat *Download* 50 MB di Jaringan EVDO Rev. A

3.3 Pengukuran Throughput EVDO Rev. B

3.3.1 Hasil Pengukuran Throughput Upload

Upload 10 MB



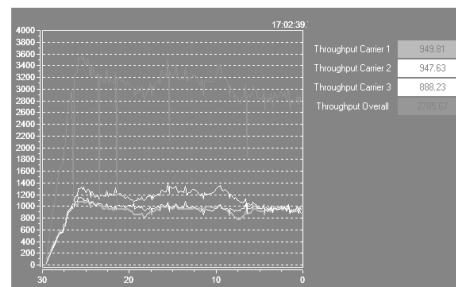
Gambar 17. *Throughput* Upload 10 MB di Jaringan EVDO Rev. B

Total waktu rata-rata *between first & last packet* = 29.1 s

$$\text{Throughput} = \frac{10,000 \text{ (Kbyte)}}{29.1 \text{ (s)}}$$

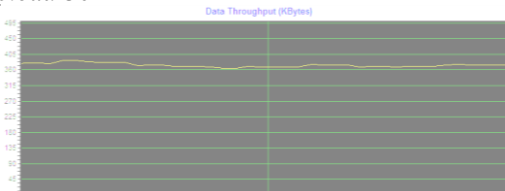
$$\text{Throughput} = 343.64 \text{ Kbps}$$

Pada konfigurasi BTS ZTE_3391, maksimum pengguna yang dapat dilayani adalah 45, dimana jumlah maksimum pengguna merupakan prioritas utama, sehingga jika pengguna belum mencapai angka tersebut, maka bandwidth sebesar 1500 Kbps, disharing kepada pengguna yang sedang online. Dengan adanya konsep *multi carrier*, pengguna hanya akan dihitung pada saat *carrier* pertamanya terhubung, dimana pada saat *upload* ini yaitu *carrier* dengan *channel number* 1150. Pada saat *upload* dilakukan, terlihat rata-rata pengguna yang sedang menggunakan jaringan berjumlah 10 sampai 11. Pada gambar 18. terlihat grafik distribusi *throughput* dari setiap *carrier*.



Gambar 18. Grafik Distribusi *Throughput* Setiap *Carrier* pada Saat *Upload* 10 MB

Upload 30 MB



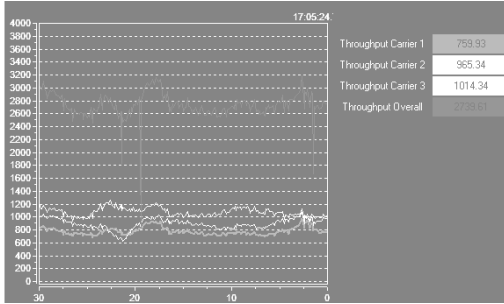
Gambar 19. *Throughput* Upload 30 MB di Jaringan EVDO Rev. B

Total waktu rata-rata *between first & last packet* = 101.7 s

$$\text{Throughput} = \frac{30,000 \text{ (Kbyte)}}{101.7 \text{ (s)}}$$

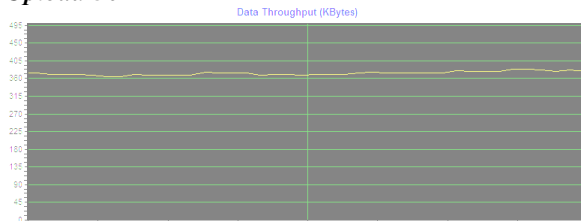
$$\text{Throughput} = 294.99 \text{ Kbps}$$

Pada proses *upload* kali ini, pengguna terhubung dengan *carrier* 1150, dimana rata-rata pelanggan yang sedang aktif berjumlah 16 pada *carrier* 1150, 14 pada *carrier* 1125, dan 13 pada *carrier* 1075. Pada gambar 20. terlihat grafik distribusi *throughput* dari setiap *carrier*, dimana terlihat jumlah pengguna mempengaruhi nilai *throughput* yang diperoleh.



Gambar 20. Grafik Distribusi *Throughput* Setiap *Carrier* pada Saat *Upload* 30 MB

Upload 50 MB



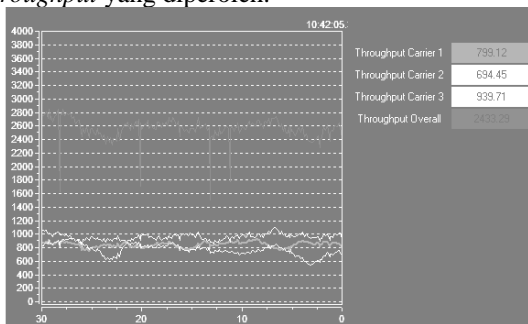
Gambar 21. *Throughput* *Upload* 50 MB di Jaringan EVDO Rev. B

Total waktu rata-rata *between first & last packet* = 167.8 s

$$\text{Throughput} = \frac{50,000 \text{ (Kbyte)}}{167.8 \text{ (s)}}$$

$$\text{Throughput} = 297.97 \text{ Kbps}$$

Pada proses *upload* kali ini, pengguna terhubung dengan *carrier* 1125, dimana rata-rata pelanggan yang sedang aktif berjumlah 28 pada *carrier* 1125, 30 pada *carrier* 1150, dan 27 pada *carrier* 1100. Pada gambar 22. terlihat grafik distribusi *throughput* dari setiap *carrier*, dimana terlihat jumlah pengguna mempengaruhi nilai *throughput* yang diperoleh.



Gambar 22. Grafik Distribusi *Throughput* Setiap *Carrier* pada Saat *Upload* 50 MB

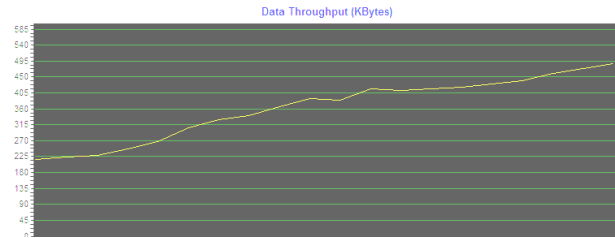
3.3.2 Hasil Pengukuran *Throughput* *Download*

Download 10 MB

Dari Gambar 23. Diperoleh total waktu rata-rata *between first & last packet* = 18.9 s

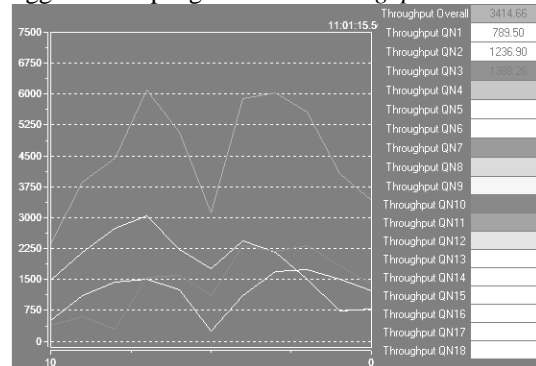
$$\text{Throughput} = \frac{10,000 \text{ (Kbyte)}}{18.9 \text{ (s)}}$$

$$\text{Throughput} = 529.1 \text{ Kbps}$$



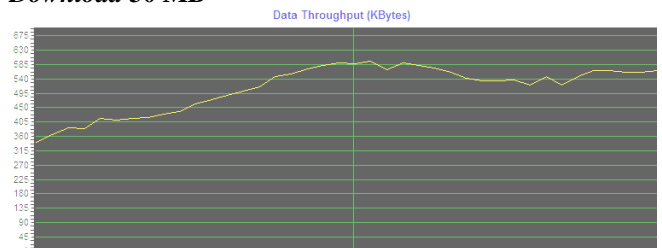
Gambar 23. *Throughput* *download* 10 MB pada Jaringan EVDO Rev. B

Pada konfigurasi BTS ZTE_3391, maksimum pengguna yang dapat dilayani adalah 45, dimana jumlah maksimum pengguna merupakan prioritas utama, sehingga jika pengguna belum mencapai angka tersebut, maka bandwidth sebesar 3000 Kbps, disharing kepada pengguna yang sedang online. Dengan adanya konsep *multi carrier*, pengguna hanya akan dihitung pada saat *carrier* pertamanya terhubung, dimana pada saat *download* ini yaitu *carrier* dengan *channel number* 1175. Pada saat *download* dilakukan, terlihat rata-rata pengguna yang sedang menggunakan jaringan berjumlah 26 sampai 30. Pada gambar 24. terlihat grafik distribusi *throughput* dari setiap *carrier*, dimana terlihat jumlah pengguna mempengaruhi nilai *throughput*.



Gambar 24. Grafik Distribusi *Throughput* Setiap *Carrier* pada Saat *Download* 10 MB

Download 30 MB



Gambar 25. *Throughput* *download* 30 MB pada Jaringan EVDO Rev. B

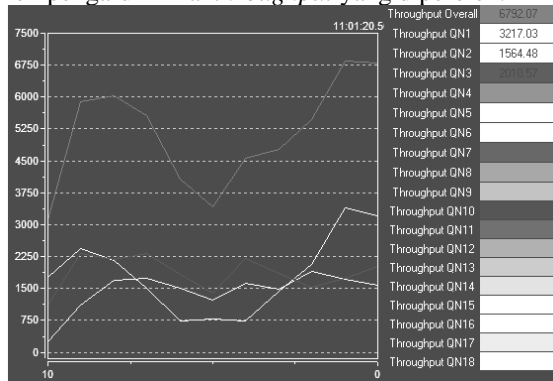
Total waktu rata-rata *between first & last packet* = 67.2 s

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Total size (Kbyte)}}{\text{load time (s)}}$$

$$\text{Throughput} = \frac{30.000 \text{ (Kbyte)}}{67.2 \text{ (s)}}$$

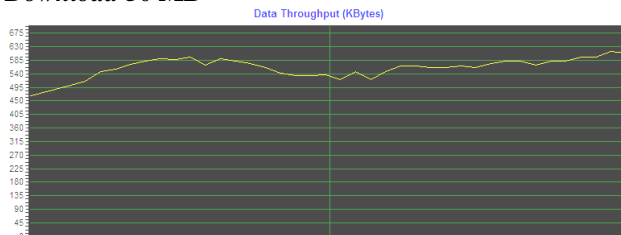
$$\text{Throughput} = 446.42 \text{ Kbps}$$

Pada proses *upload*, pengguna terhubung dengan *carrier* 1175, dimana rata-rata pelanggan yang sedang aktif berjumlah 25 pada *carrier* 1175, 30 pada *carrier* 1075, dan 29 pada *carrier* 1125. Pada Gambar 26. terlihat grafik distribusi *throughput* dari setiap *carrier*, dimana terlihat jumlah pengguna mempengaruhi nilai *throughput* yang diperoleh.



Gambar 26. Grafik Distribusi *Throughput* Setiap *Carrier* pada Saat *Download* 30 MB

Download 50 MB



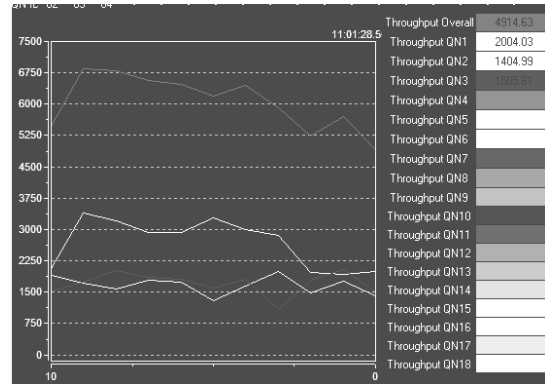
Gambar 27. *Throughput* download 50 MB pada Jaringan EVDO Rev. B

Total waktu rata-rata *between first & last packet* = 123.6 s

$$\text{Throughput} = \frac{50.000 \text{ (Kbyte)}}{123.6 \text{ (s)}}$$

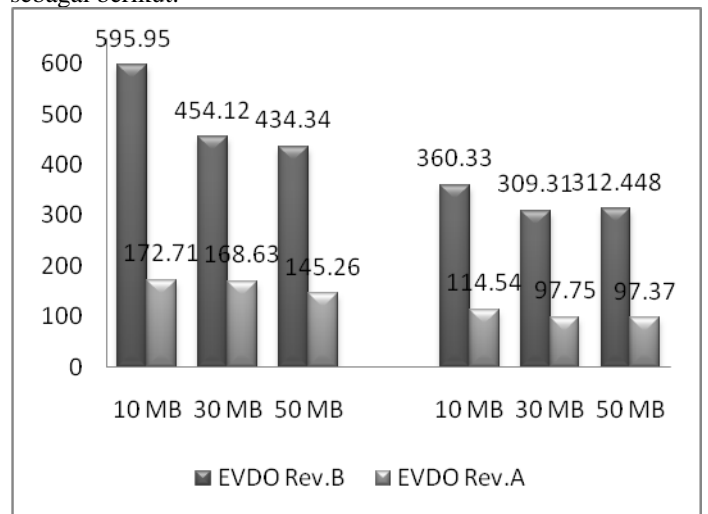
$$\text{Throughput} = 405.53 \text{ KBytes}$$

Pada proses *upload* kali ini, pengguna terhubung dengan *carrier* 1100, dimana rata-rata pelanggan yang sedang aktif berjumlah 27 pada *carrier* 1100, 29 pada *carrier* 1150, dan 25 pada *carrier* 1125. Pada gambar di bawah ini terlihat grafik distribusi *throughput* dari setiap *carrier*, dimana terlihat jumlah pengguna mempengaruhi nilai *throughput* yang diperoleh.



Gambar 28. Grafik Distribusi *Throughput* Setiap *Carrier* pada Saat *Download* 50 MB

Dari hasil pengukuran di atas, maka didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 29. Grafik *Throughput* Saat Pengujian EVDO Rev. A dan EVDO Rev. B

3.4 Pengukuran Delay dan Packet Loss

Tabel 3. Adalah hasil pengukuran *delay* dan *packet loss* pada jaringan EVDO Rev.A dan jaringan EVDO Rev.B.

Semakin besar ukuran file yang di *upload* atau *download*, maka semakin besar nilai *delay*, dikarenakan kondisi radio yang selalu dinamis. Sedangkan untuk *packet loss* pada hasil pengukuran bernilai 0% yang berarti tidak ada paket yang hilang selama pengukuran.

Tabel 3. Hasil Pengukuran *Delay* dan *Packet Loss* pada Saat *Upload* dan *Download*

SIZE (MB)	EVDO Rev. A				EVDO Rev. B			
	UPLOAD		DOWNLOAD		UPLOAD		DOWNLOAD	
	Delay (ms)	Packet Loss (%)	Delay (ms)	Packet Loss (%)	Delay (ms)	Packet Loss (%)	Delay (ms)	Packet Loss (%)
10	276	0	377	0	178	0	184	0
30	362	0	298	0	241	0	174	0
50	403	0	325	0	252	0	311	0

4. SIMPULAN

Dengan menggunakan *multi carrier* dan *load balance*, didapatkan peningkatan kinerja jaringan EVDO Rev. B antara lain, menurunnya nilai *delay*, meminimalisir *packet loss*, dan semakin meningkatnya nilai *throughput*.

Nilai minimum 276 ms dan nilai maksimum 403 ms didapatkan pada pengukuran *delay* pada saat *upload* dan *download* pada EVDO Rev. A sedangkan nilai minimum 174 ms dan nilai maksimum 311 ms didapatkan pada pengukuran *delay* pada saat *upload* dan *download* EVDO Rev. B

Nilai *packet loss* sebesar 0% didapatkan pada pengujian saat *upload* dan *download* baik pada jaringan EVDO Rev. A maupun EVDO Rev. B.

Nilai *throughput* 595.95 Kbps didapatkan pada pengukuran *download* dan 360.33 Kbps pada pengukuran *upload* di jaringan EVDO Rev. B, sedangkan nilai *throughput* 172.71 Kbps didapatkan pada pengukuran *download* dan 114.54 Kbps pada pengukuran *upload* di jaringan EVDO Rev. A.

UCAPAN TERIMAKASIH

Para peneliti mengucapkan terimakasih kepada pimpinan PT. ZTE Indonesia, yang telah memberikan fasilitas sehingga terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-kautsar, Febrian. 2009. *Optimasi Pelayanan Jaringan Berdasarkan Drive Test*. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik . Universitas Indonesia. Depok. Jawa Barat.
- Etemad, Kamran. 2004. *CDMA 2000 Evolution: System Concept and Design Principals*.
- Fauzan, Mohamad Firda. 2013. *Studi dan Perbandingan Keamanan GSM dan CDMA*. Program Studi Teknik Informatika . Institut Teknologi Bandung . Bandung.
- Karim, M. R. & Sarraf, Mohsen. 1998. *WCDMA and CDMA 2000 for 3G Mobile Networks*, Artech House Publisher.
- Lee, Jong Sam & Miller, Leonard. E. 1998. *CDMA System Engineering Handbook*, Artech House Publisher.
- Usman,Uke Kurniawan. 2010. *Sistem Komunikasi Seluler CDMA 2000*, Informatika, Bandung.

Wardhana, Lingga. 2010. *Teknologi Wireless Communication dan Wireless Broadband*. Gramedia. Jakarta.

Zigangirov,Kamil Sh. 2004. *Theory of Code Division Multiple Access Communication, A* John Wiley & Sons, INC, Publication.

Yang, Samuel. C. 1999. *Networking - 3G CDMA 2000 Wireless System Engineering*, Artech House Publisher.