

ANALISIS PERFORMANSI DAN OPTIMASI THROUGHPUT HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS (HSDPA) DI DALAM KERETA API PERFORMANCE ANALYSIS AND OPTIMIZATION THROUGHPUT HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS IN TRAIN

Rian Raya¹Achmad Aly Muayyadi, Phd. ², Uke Kurniawan Usman,Ir.,MT. ³.

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

Abstrak

Di Stasiun Bekasi setiap harinya diberangkatkan 56 rangkaian kereta api *Commuter Line* dan terdapat 58 rangkaian kereta api *Commuter Line* yang tiba. Berdasarkan "Data Volume Pendapatan Penumpang *Commuter Line* Stasiun Besar Bekasi" bulan Oktober 2014 yang didapatkan dari PT KCJ terdapat paling sedikit 20.029 jiwa perharinya yang menggunakan moda transportasi *Commuter Line*. Dan tidak sedikit diantara mereka para pengguna *Commuter Line* tersebut yang mengakses *Internet* dengan menggunakan *Smartphone* mereka selagi menunggu tiba di Stasiun tujuan. Berdasarkan hasil percobaan mengakses *Internet* didalam kereta api *Commuter Line* didapatkan fakta bahwa membutuhkan waktu yang cukup lama untuk membuka suatu halaman website, pengiriman pesan chatting dan speed *download* di antara Stasiun Buaran hingga Stasiun Klender Baru cukup lambat, sehingga hal ini dapat mengakibatkan konsumen merasa tidak senang dan bisa mengakibatkan konsumen berpindah ke operator seluler yang lain.

Setelah dilakukan optimasi jaringan, terdapat peningkatan nilai RSCP (level daya terima) sebesar 5,85 dBm dan peningkatan nilai RSSI sebesar 5,36 dBm. Dengan kenaikan RSCP dan RSSI seperti itu menjadikan peningkatan performansi Ec/No (kualitas kanal) sebesar 3,15 dB. Dengan meningkatnya Ec/No menyebabkan peningkatan performansi *throughput* dari 164 kbps menjadi 532 kbps. Dengan nilai *throughput* sebesar 532 kbps telah sesuai dengan standar KPI dari operator X sebesar 500 kbps.

Kata kunci : HSDPA, *throughput*

Abstact

In Bekasi Station, every day dispatched 56 Commuter Line trains and 58 Commuter Line trains are arriving. Based on the "Volume Revenue Passenger Commuter Line Bekasi Station Data" in October 2014 obtained from PT KCJ there are at least 20 029 people every day are using Commuter Line. And many of them the Commuter Line users are accessing the Internet using their smartphones while waiting to arrive at the destination station. Based on results of experiments accessing the internet on the Commuter Line train found the fact that it takes a long time to open a web page, sending chat messages and download speed between Buaran Station to Station Klender Baru too slow, so that can lead to unhappy customers and could result in consumers switching to another mobile operator.

After optimization of the network, there is an increase in the value of RSCP (received power level) of 5.85 dBm and RSSI value increase of 5.36 dBm. With the increase of RSCP and RSSI like that makes the performance improvement Ec / No (channel quality) of 3.15 dB. With increasing Ec / No cause an increase in throughput performance of 164 kbps to 532 kbps. With a 532 kbps of throughput are in accordance with KPI standards from X operator at 500 kbps of throughput.

1 Pendahuluan

Saat ini jumlah pelanggan layanan operator seluler di Indonesia mencapai 270 juta pelanggan atau lebih besar dari populasi penduduk Indonesia yang berkisar 250 juta jiwa. Kenaikan penetrasi seluler ini juga didorong oleh produk smart device seperti smartphone dan komputer tablet.

Saat ini kapan pun dan dimana pun setiap orang dapat dikatakan "ketergantungan" dengan layanan akses data termasuk ketika mereka sedang berpergian menggunakan kereta. Kereta Rel Listrik atau sekarang berubah nama menjadi Kereta Commuter Line adalah salah satu moda transportasi andalan bagi penduduk kota di sekitar Jakarta. Berdasarkan "Data Volume Pendapatan Penumpang *Commuter Line* Stasiun Besar Bekasi" bulan Oktober 2014 terdapat paling sedikit 20.029 jiwa perharinya yang menggunakan moda transportasi *Commuter Line*. Banyak dari pengguna kereta Commuter Line ini yang memanfaatkan waktu luang mereka dalam perjalanan menuju tempat tujuan dengan mengakses berbagai layanan internet seperti social media, chatting, browsing, streaming dan lain-lain. Namun pada area optimasi kualitas sinyal terima nya sangat buruk sehingga mempengaruhi performansi *throughput*.

Perbedaan tingkat kekuatan sinyal, kualitas sinyal, jumlah pelanggan dan bentuk geografis suatu daerah dapat mempengaruhi kinerja suatu jaringan. Berdasarkan uraian masalah diatas diperlukan suatu kegiatan untuk meningkatkan performansi jaringan yang digunakan sehingga didapatkan *throughput* yang baik untuk memastikan bahwa user yang berada disuatu tempat tertentu mendapatkan pelayanan secara maksimal sesuai dengan standard Key Performance Indicator (KPI) operator seluler X.

2 Dasar Teori

2.1 Faktor Penyebab Penurunan Throughput

HSDPA merupakan evolusi dari standar WCDMA dan dirancang untuk meningkatkan kecepatan transfer data 5 kali lebih tinggi. Tujuan utama dari HSDPA adalah untuk meningkatkan user throughput maksimum untuk pengiriman paket data dari sisi downlink dan mengurangi delay transmisi paket. Untuk mewujudkan tujuan tersebut maka diperlukan penambahan beberapa metode penting yang diterapkan pada teknologi HSDPA ini. Beberapa metode diantaranya adalah dengan menambahkan kanal baru yaitu *High Speed Downlink Shared Channel* (HS-DSCH), *High Speed Shared Control Channel* (HS-SCCH), *High Speed Dedicated Physical Control Channel* (HS-DPCCH), *Adaptive Modulation and Coding* (AMC), teknik penjadwalan atau *scheduling* yang cepat dan *Hybrid Automatic Repeat Request* (HARQ). Dengan menggunakan metode tersebut HSDPA mempunyai layanan berbasis paket data di WCDMA downlink dengan peak data rate mencapai 14,4 Mbps.

2.2 Faktor Penyebab Penurunan Throughput

Penurunan *throughput* merupakan fenomena dimana nilai *throughput* mengalami tren penurunan yang tentunya menyebabkan ketidaknyamanan disisi user.

Penurunan *throughput* terjadi karena beberapa faktor penting, yaitu: jangkauan, kualitas kanal dan kapasitas dari suatu sel.

2.3 Optimasi Jaringan

Optimasi jaringan dilakukan untuk menghasilkan kualitas jaringan yang terbaik dengan menggunakan data yang tersedia seefisien mungkin. Setiap operator jaringan seluler menetapkan suatu standar nilai *quality of service* (QOS) dan *key performance indicator* (KPI). Cakupan optimasi jaringan adalah sebagai berikut:

- Menemukan dan memperbaiki masalah yang ada setelah implementasi dan integrasi site yang bersangkutan.
- Dilakukan secara berkala untuk meningkatkan kualitas jaringan secara menyeluruh.
- Optimasi jaringan yang telah dilakukan tidak boleh menurunkan kinerja jaringan lain.
- Dilakukan pada cakupan daerah yang lebih kecil yang disebut dengan cluster agar optimasi jaringan dan tindakan *follow up* menjadi lebih mudah ditangani.

2.4 Drive Test

Drive test atau biasa disingkat DT adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk mengumpulkan data berupa sinyal RF yang dipancarkan oleh suatu BTS. *Drive test* dilakukan untuk mengetahui kualitas sinyal RF dengan bantuan beberapa *tools* pendukung, yaitu :

1. UE/MS (Handset Sonny Erricson)
 2. Laptop yang sudah terinstall *software* TEMS Investigation 14
 3. GPS (*Global Positioning System*), alat untuk menunjukkan keberadaan lokasi *user* berdasarkan pemantauan dari satelit
 4. *Sim Card* dari operator yang diuji
- Dalam melakukan *drive test* prosedur yang harus dilakukan yaitu :
1. *Install* TEMS Investigation 14 pada laptop dan *driver* UE agar keduanya bisa terkoneksi
 2. Hubungkan dengan GPS
 3. *Setting* jaringan di TEMS Investigation dan di UE
 4. *Import* map ke dalam TEMS Investigation
 5. *Import cell file* ke dalam TEMS Investigation
 6. *Setting command sequence* untuk menentukan besarnya data yang akan di unduh dan intensitas jumlah pengunduhan data
 7. Melakukan *Recording*

3 Pembahasan

3.1 Kondisi Existing

Pada tugas akhir ini daerah layanan HSDPA yang di analisa performansinya adalah sepanjang *track* kereta *Commuter Line* antara Stasiun Buaran hingga Stasiun Klender Baru. Diambilnya daerah tersebut didasarkan pada pertimbangan sasaran penggunaan teknologi HSDPA yang diperkirakan cukup besar pada jam kerja terlebih lagi pada saat berangkat dan pulang kantor serta daerah tersebut adalah daerah urban.

Berdasarkan hasil survey dilapangan sebagian besar pengguna jasa *Commuter Line* sangat banyak yang mengakses internet selama perjalanan, terlebih lagi rel kereta *Commuter Line* bersebelahan langsung dengan jalan raya yang selalu ramai sehingga dapat dipastikan pengguna jasa internetnya sangat banyak. Jarak antara Stasiun Buaran menuju Stasiun Klender Baru adalah sejauh 1,31 KM.

3.2 Pengukuran Kecepatan *Throughput*

Pengecekan *throughput* ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi *speedtest*. Tujuan dari pengecekan *throughput* ini adalah untuk mengetahui rata-rata nilai *throughput* di area tinjauan. Apabila nilai *throughput* buruk kemudian akan dilakukan *drive test* untuk mengetahui penyebab penurunan *throughput*. Hasil rata-rata nilai *throughput* dari hasil *speedtest* antara Stasiun Buaran hingga Stasiun Klender Baru adalah 196 kbps.

3.3 Hasil Pengukuran Kondisi Existing

Data-data yang di dapatkan dari *drive test* adalah gabungan dari banyak parameter. Sehingga jika ingin dilakukan pengamatan terhadap suatu parameter tertentu, perlu adanya proses seleksi untuk mendapatkan parameter yang diinginkan. Evaluasi hasil *drive test* dikhususkan pada area optimasi. Pada Tugas Akhir ini ada empat parameter radio yang akan dijadikan acuan apakah jaringan kondisi baik atau buruk yaitu RSCP, RSSI, Ec/No dan *Throughput*.

3.3.1 RSCP

Berdasarkan pengukuran *drive test* didapatkan rata-rata nilai RSCP pada jaringan *existing* sebesar -79,8 dBm yang termasuk dalam kategori baik, namun 42,11% jaringan *existing* masih dalam keadaan diantara *average* hingga *unuseable* sehingga kualitas sinyal terima dibanyak wilayah masih dalam kualitas yang rendah.

3.3.2 Energy Chip to Noise Ratio (Ec/No)

Berdasarkan pengukuran *drive test* didapatkan rata-rata nilai Ec/No pada jaringan *existing* sebesar -12,2 dBm yang termasuk dalam kategori *average* dan bisa kita lihat bahwa sebanya 61% berada pada level *average* sehingga harus dilakukan optimasi agar peformansi *throughput* jaringan HSDPA dapat meningkat.

3.3.3 RSSI

Berdasarkan pengukuran *drive test* dapat kita lihat bahwa semua nilai RSSI pada jaringan *existing* berada dalam kategori *average* dan rata-rata nilainya adalah -75,2 dBm. Ini berarti jaringan dalam kondisi yang kurang baik atau bisa dikatakan bahwa jaringan memiliki interferensi yang cukup besar sehingga harus dilakukan optimasi agar peformansi *throughput* dapat meningkat.

3.3.4 *Throughput*

Hasil pengukuran *drive test* didapatkan rata – rata *throughput* sebesar 373 kbps, yang nilai tersebut masih belum memenuhi standar nilai yang ditentukan oleh operator sebesar 500 kbps.

3.4 Plotting Jaringan Existing Pada Atoll

3.4.1 Plotting Data Raster

Data raster adalah data spasial atau keruangan permukaan bumi yang diperoleh dari citra perekaman foto atau radar satelit. Data raster nantinya akan berupa gambaran permukaan bumi dalam bentuk warna kenampakan alam seperti hijau, kuning, biru dan lainnya. Pada Tugas Akhir ini digunakan raster wilayah DKI Jakarta.

3.4.2 Plotting Site

Site merupakan gabungan dari beberapa elemen transmisi seperti tower, node B, *feeder* dan lain-lain. Site biasanya direpresentasikan dengan sebuah titik koordinat. *Plotting* konfigurasi *site* dilakukan dngan konfigurasi pada operator X seperti nama, *longitude*, *latitude* dan *altitude*.

3.4.3 Plotting Transmitter

Plotting konfigurasi transmitter dilakukan sesuai dengan parameter pada kondisi existing seperti nama transmitter, tinggi antena, azimuth mechanical downtilt, electrical downtilt, scrambling code. Berikut merupakan konfigurasi dari transmitter.

3.4.4 Radius Calculation

Perhitungan radius cell dilakukan dengan perhitungan link budget antara node B dan UE, sehingga keduanya bisa saling terhubung. Tujuan perhitungan radius adalah untuk mengetahui coverage dari suatu sel dengan melihat Maximum Allowable Pathloss (MAPL) sesuai dengan karakteristik daerah tersebut. Dalam Tugas Akhir ini hasil perhitungan radius akan digunakan sebagai acuan untuk menghitung sudut tilting antenna, sehingga pancaran dari suatu antenna transmitter mengarah ke coverage yang sesuai. Berikut formula untuk menghitung *radius* sel pada sel FOKLENDERMX3 :

$$\begin{aligned}
 &= 10^{-1} \frac{-46,3 - 33,9 + 13,82 \log h_{\text{B}} + 13,82 \log h_{\text{M}}}{44,9 - 6,55 \log h_{\text{M}}} - 3 \\
 &= 10^{-1} \frac{-127,5 - 46,3 - 33,9 \log (1942,6) + 13,82 \log 40 - 9,190 \pm 10}{44,9 - 6,55 \log 26} - 3 \\
 &= 0.47 \text{ Km}
 \end{aligned}$$

3.5 Analisis Masalah Berdasarkan Hasil Drive Test

3.5.1 Analisis Masalah Area 1

Berdasarkan hasil *drive test* diketahui bahwa area optimasi berada pada irisan beberapa sel sehingga menyebabkan buruknya sinyal terima dan besarnya interferensi. Pada area optimasi 1 dilayani oleh 3 *cell* dan terjadi *overshoot*. Nilai RSCP antara sel FOKLENDERMX3, KPJEMBATANMX2, ALBAROKAHPGLMX2 dan PERKAMPUNGANINDUSTRIKECILSTPMX2 sangatlah buruk sebesar -87dBm, -88 dBm, -98 dBm dan -97 dBm. Selain buruk nilai RSCP 3 sektor tersebut tidak ada yang dominan. Buruknya Ec/No dan RSCP pada FOKLENDERMX3, KPJEMBATANMX2, ALBAROKAHPGLMX2 dan PERKAMPUNGANINDUSTRIKECILSTPMX2 disebabkan pancaran dari antenanya tidak mengarah secara maksimal ke area optimasi sehingga menyebabkan performansi *throughput* pada area optimasi menurun.

3.5.2 Analisis Masalah Area 2

Berdasarkan hasil *drive test* diketahui bahwa area optimasi di *serving* oleh dua *cell* pada dua *site* yang berbeda yaitu KPJEMBATANMX2 dan GANGSADARMDTHX3.

Berdasarkan pengukuran *drive test* yang tertera pada *window WCDMA Serving/Active Set + Neighbours* terdapat dua buah AS (*Active Set*) dengan nilai RSCP dan Ec/No yang sangat buruk hal ini disebabkan coverage dari GANGSADARMDTHX1 terlalu jauh, lemahnya sinyal pilot dari KPJEMBATANMX2 serta arah sektorisasi dari KPJEMBATANMX2 kurang mengarah ke area optimasi. Seharusnya area 2 dilayani oleh KPJEMBATANMX2, oleh karena itu perlu dilakukan optimasi.

3.5.3 Analisis Masalah Area 3

Berdasarkan pengukuran *drive test* yang tertera pada *window WCDMA Serving/Active Set + Neighbours* dapat dilihat pada area optimasi 3 terdapat tiga *active set* yang melayani. Buruknya kualitas pada area optimasi 3 disebabkan TAMANASRICAKUNGMX1 dan TAMANASRICAKUNGMX2 melayani yang bukan coverage nya sehingga perlu dilakukan optimasi. Proses optimasi difokuskan dengan cara meningkatkan level daya terima atau RSCP dan mengurangi level interferensi karena 2 faktor tersebut sangat mempengaruhi performansi *throughput*.

3.6 Optimasi

3.6.1 Optimasi Masalah Area 1

Berdasarkan analisis pada area 1 diketahui bahwa penyebab buruknya performansi *throughput* disebabkan arah pancaran dari ALBAROKAHPGLMX2 yang melebihi coverage atau radius yang seharusnya sehingga harus dilakukan downtilt agar mengarah ke area yang sesuai.

Berdasarkan spesifikasi antenna ALBAROKAHPGLMX2, berikut merupakan perhitungan sudut downtiltnya :

$$\Theta_{geo} = \arctan \left(\frac{h_B - h_M}{d} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \arctan \left(\frac{18 - 1,5}{370} \right) \\
 &= 2,55^\circ
 \end{aligned}$$

Setelah *geometrical factor* (Θ_{geo}) didapatkan, kemudian untuk menghitung sudut *tilting* nya menggunakan rumus sesuai persamaan (2.8) dan (2.9) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_{geo} &= \Theta_{geo} + \left(\frac{\Theta - 3}{2} \right) \\
 &= 2,55^\circ + \left(\frac{7^\circ}{2} \right) \\
 &= 6,05^\circ
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan *downtilt* langkah selanjutnya yaitu mengatur *azimuth* dari FOKLENDERMX3 sebesar 280° sehingga mengarah ke arah area optimasi serta perlu ditambahkan *pilot power* dengan cara perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Pilot Power max} &= 10\% \times \text{Node B power} \\ &= 10\% \times 43 \text{ dBm} \\ &= 33 \text{ dBm} \end{aligned}$$

3.6.2 Optimasi Masalah Area 2

Berdasarkan analisis masalah pada area 2 diketahui bahwa penyebab buruknya performansi *throughput* disebabkan arah pancaran dari GANGSADARDMTHX3 yang melebihi coverage atau radius yang seharusnya sehingga harus dilakukan *downtilt* agar mengarah ke area yang sesuai.

Berdasarkan spesifikasi antena GANGSADARDMTHX3, berikut merupakan perhitungan sudut *downtilt*nya :

$$\begin{aligned} \Theta_{geo} &= \arctan \left(\frac{h_B - h_M}{d} \right) \\ &= \arctan \left(\frac{20 - 1.5}{380} \right) \\ &= 2,78^\circ \end{aligned}$$

Setelah *geometrical factor* (Θ_{geo}) didapatkan, kemudian untuk menghitung sudut *tilting* nya menggunakan rumus sesuai persamaan (2.8) dan (2.9) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_{geo} &= \Theta_{geo} + \left(\frac{\Theta - 3}{2} \right) \\ &= 2,78^\circ + \left(\frac{7^\circ}{2} \right) \\ &= 6,28^\circ \end{aligned}$$

Setelah dilakukan *downtilt* langkah selanjutnya yaitu mengatur *azimuth* dari KPJEMBATANMX2 sebesar 150° sehingga mengarah ke arah area optimasi serta perlu ditambahkan *pilot power* dengan cara perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Pilot Power max} &= 10\% \times \text{Node B power} \\ &= 10\% \times 43 \text{ dBm} \\ &= 33 \text{ dBm} \end{aligned}$$

3.6.3 Optimasi Masalah Area 3

Berdasarkan analisa masalah pada area 3 diketahui bahwa banyak terjadi interferensi dari site-site disekitar area 3. Oleh karena itu harus ditentukan cell manakah yang harus melayani area 3. Area 3 dilayani oleh KPJEMBATANMX2 dan TAMANASRICAKUNG MX1 harus mengcover arah utara dari *site* serta TAMANASRICAKUNG MX2 harus melayani arah selatan *site*, sehingga harus dilakukan *downtilt* agar arah coverage nya sesuai karena arah coverage dari TAMANASRICAKUNG MX1 dan TAMANASRICAKUNG MX2 tidak mengarah kearah yang seharusnya.

Berdasarkan spesifikasi antena TAMANASRICAKUNG MX1 dan TAMANASRICAKUNG MX2, berikut merupakan perhitungan sudut *downtilt*nya :

$$\begin{aligned} \Theta_{geo} &= \arctan \left(\frac{h_B - h_M}{d} \right) \\ &= \arctan \left(\frac{19 - 1.5}{370} \right) \\ &= 2,70^\circ \end{aligned}$$

Setelah *geometrical factor* (Θ_{geo}) didapatkan, kemudian untuk menghitung sudut *tilting* nya menggunakan rumus sesuai persamaan (2.8) dan (2.9) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_{geo} &= \Theta_{geo} + \left(\frac{\Theta - 3}{2} \right) \\ &= 2,70^\circ + \left(\frac{7^\circ}{2} \right) \\ &= 6,21^\circ \end{aligned}$$

Dengan dilakukan *downtilt* pada TAMANASRICAKUNG MX1 dan TAMANASRICAKUNG MX2 diharapkan pancaran dari antena akan mencakup area coverage yang seharusnya dan tentunya meningkatkan performansi *throughput*.

3.7 Perbandingan Performansi Jaringan Sebelum dan Sesudah Optimasi

3.7.1 Performansi RSCP

Sinyal terima pada area optimasi sebelum dilakukan optimasi adalah -87,72 dBm. Setelah dilakukan proses optimasi kualitas sinyal terima pada area optimasi meningkat menjadi -79,06 dBm.

3.7.2 Performansi Ec/No

Rata-rata nilai Ec/NO sebelum optimasi adalah -12,34 dB dan berada pada level *average* dan setelah dilakukan optimasi menjadi -9,06 dB. Peningkatan ini diakibatkan karena nilai RSCP yang semakin meningkat dan kadar interferensi semakin berkurang.

3.7.3 Performansi RSSI

Nilai RSSI sebelum dilakukan optimasi adalah sebesar -75,06 dBm dan nilai RSSI setelah dilakukan optimasi adalah sebesar -69,99 dBm.

3.7.4 Performansi Throughput

Berdasarkan hasil simulasi pada Atoll sebelum optimasi didapatkan nilai rata-rata *throughput* sebelum optimasi adalah 164 kbps. Setelah dilakukan optimasi terjadi peningkatan nilai *throughput* menjadi 532 kbps. Peningkatan tersebut dikarenakan adanya peningkatan RSCP dan penurunan kadar interferensi di area optimasi, sehingga nilai Ec/No meningkat. Meningkatnya nilai Ec/No berarti meningkat pula kualitas kanal sehingga menyebabkan *throughput* meningkat. Dengan nilai *throughput* 532 kbps berarti standar nilai *throughput* yang ditetapkan oleh standar KPI operator tersebut sudah terlampaui.

4 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Penurunan *throughput* pada area optimasi diakibatkan karena area tersebut tidak di *cover* oleh site yang seharusnya sehingga user yang berada pada area optimasi tidak dilayani dengan baik.
2. Penambahan *pilot power*, perubahan *tilt* dan *azimuth* antenna meningkatkan kualitas peformansi RSCP, RSSI, Ec/No dan performansi *throughput*.
3. Penambahan *pilot power* pada FOKLENDERMX3 dan KPJEMBATANMX2 menyebabkan peningkatan rata-rata nilai RSCP dari yang awalnya -87,58 dBm menjadi -79,06 dBm.
4. Peningkatan rata-rata nilai RSCP menyebabkan performansi dari Ec/No menjadi meningkat juga dari nilai awal -12,48 Db menjadi -9,06 Db dan performansi dari RSSI meningkat dari nilai awal -75,06 dBm menjadi -69,99
5. Dengan kualitas sinyal terima yang baik membuat *average user throughput* meningkat dari 164 kbps mejadi 532 kbps.

Daftar Pustaka

- [1] Holma, H., & Toskala, A. (2007). *WCDMA FOR UMTS - HSPA EVOLUTION AND LTE*. Southern Gate, Chicester: John Wiley and Sons.
- [2] Gudang Buku. "Konsep Dasar HSDPA". 14 September 2014. <http://pemogramanbascom.blogspot.com/2010/06/konsep-dasar-hsdpa.html>
- [3] Sarah, A. (2014). Analisis Penyebab Drop Data Call pada CDMA 2000-1x EvDO Rev A. 14.
- [4] ERICSSON.(2006). *WCDMA Radio Acces Network and Optimization*. 18-19.
- [5] Prihartini, D. (2009). Analisis Drop Call pada Jaringan 3G Indosat (Study Kasus BTS 3G BPK). 32-36.
- [6] Isotalo, T., Niemela, J., & Lempinen, J. (2011). Electrical Antenna Downtilt in UMTS Network. 3.
- [7] ERICSSON. (2006). *WCDMA Radio Acces Network and Optimization*. 196.
- [8] Billal, M. (2013, March 28). Retrieved June 10, 2014, from http://www.wikipedia.org/wiki/Common_pilot_channel
- [9] Dalela, C., Dalela, P. K., & Prasad, M. V. (2012). TUNING OF COST-231 HATTA MODEL FOR RADIO WAVE PROPAGATION PREDICTIONS. 259-160
- [10] Febrian, A. K. (2010). OPTIMASI PELAYANAN JARINGAN BERDASARKAN DRIVE TEST. 7.
- [11] PT KAI Commuter JABODETABEK. *Peta Rute Loop Line*. 11 Oktober 2014. <http://www.krl.co.id/peta-rute-loopline.html>