

Pengaruh *Soft Handoff* Terhadap Peningkatan Kapasitas Jaringan UMTS

Dwi Fadila Kurniawan, M. Fauzan Edi P. dan Pradini Puspitaningayu

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya *Abstrak*— Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) adalah produk dari teknologi selular generasi ketiga yang berasal dari evolusi GSM dengan menggunakan air interface Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA). Standarisasi UMTS mengikuti European Telecommunication Standard Institution (ETSI) pada 2 Mbps dan 2 GHz dengan alokasi spektrum 230 Mhz, dengan frekuensi downlink 1885-2025 Mhz dan 2110-2200 Mhz untuk uplink. Dalam system ini handoff merupakan bagian mendasar yang mendukung mobilitas user. Handoff bertujuan untuk menyediakan layanan mobile secara kontinyu kepada user yang bergerak hingga melampaui jangkauan suatu sel. Secara umum terdapat tiga jenis handoff yang dapat diterapkan dalam jaringan UMTS yaitu hard handoff, soft handoff dan softer handoff.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh soft handoff pada peningkatan jaringan UMTS. Analisisnya meliputi probabilitas blocking dan probabilitas dropcall karena handoff failure. Setiap analisis untuk soft handoff dibandingkan dengan hard handoff untuk mengetahui peningkatan yang terjadi. Dalam perhitungan digunakan software Matlab7 untuk membantu proses analisis.

Saat menerapkan soft handoff peningkatan kapasitas sebesar 9,77%, level penerimaan daya minimum 6,78% lebih kecil dan dropcall probability menurun sebesar -98% dibanding dengan saat hard handoff. Dengan demikian soft handoff dapat memberikan pengaruh yang lebih baik untuk performa jaringan UMTS.

Kata Kunci— Soft handoff, hard handoff, kapasitas, bloking call, dan dropcall

I. PENDAHULUAN

TEKNOLOGI komunikasi seluler mengalami pertumbuhan yang sangat besar dalam tiga dekade. Dimulai dengan hadirnya NMT (*Nordic Mobile Telecommunication*) dan AMPS (*Advance Mobile Phone System*) yang menggunakan metode akses FDMA (*Frequency Division Multiple Access*), GSM (*Global System for Mobile Communication*) dengan menambahkan TDMA (*Time Division Multiple Access*) sebagai metode akses disamping.

Dwi Fadila Kurniawan., ST., MT. adalah dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (email df_kurniawan@ub.ac.id)

M. Fauzan Edi P, ST., MT. adalah dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (email mfauzanep@ub.ac.id)

Pradini Puspitaningayu adalah lulusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

FDMA, dan CDMA (*Code Division Multiple Access*) yang menggunakan pengkodean informasi dalam satu band frekuensi, hingga hadirnya UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) sebagai salah satu standar teknologi generasi ketiga IMT-2000 (*International Mobile Telecommunication-2000*) yang dirumuskan ITU (*International Telecommunication Union*) pada tahun 1999 [1].

Handoff merupakan proses perubahan frekuensi operasi secara otomatis saat pemakai terminal bergerak memasuki zona frekuensi operasi atau sel yang berbeda. Dalam teknologi UMTS, dikenal tiga tipe umum dari *handoff* yaitu, *hard handoff*, *soft handoff*, dan *softer handoff*. *Hard handoff* adalah metode *handoff* yang sering disebut “*break before make*”. UE yang melewati zona cakupan *node B* asal akan memutuskan hubungan sebelum membangun hubungan dengan *node B* target. Sedangkan *soft handoff* yang sering kali disebut “*make before break*”, adalah metode *handoff* dimana UE yang berada diantara zona cakupan dua *node B*, akan membangun hubungan ke *node B* target sebelum memutuskan koneksi pada *node B* asal. UE terhubung dengan dua trafik *node B* secara paralel dalam interval waktu tertentu hingga ditetapkan sinyal pilot mana yang lebih kuat diantara keduanya. *Softer handoff* adalah kondisi dimana satu UE memiliki dua sambungan sekaligus pada satu *node B* sehingga UE harus memilih salah satu saja. Algoritma *soft* dan *softer handoff* hanya dapat diterapkan pada teknologi berbasis CDMA, dimana semua sel dapat memanfaatkan frekuensi pembawa yang sama, sehingga faktor frekuensi *re-use* mendekati satu.

Soft handoff sebagai salah satu alternatif *handoff* baru yang mendukung mobilitas user pada teknologi UMTS ini adalah salah satu aspek yang dapat dikaji. Karakteristiknya diyakini dapat meningkatkan kapasitas suatu jaringan karena dapat mengurangi probabilitas putus panggilan (*dropcall*) dibandingkan dengan *hard handoff*. Oleh karena itu, ditetapkanlah pokok bahasan pada *soft handoff* yang berpengaruh terhadap peningkatan kapasitas jaringan UMTS dalam penelitian ini. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka permasalahan yang muncul adalah mengetahui pengaruh kinerja *soft handoff* yang berhubungan dengan *minimum receive signal power* (P_R), nilai E_b/N_0 , sektorisasi sel, *bit rate*, nilai *dropcall probability* dan faktor aktifitas suara (v) terhadap kapasitas jaringan UMTS dibanding dengan *hard handoff*?

Untuk memenuhi sasaran sebagaimana yang telah

dikemukakan pada rumusan masalah, maka diberikan ruang lingkup bahwa pembahasan jaringan UMTS berdasarkan standart 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) dengan metode akses jamak yang digunakan adalah WCDMA yang mana kontrol daya diasumsikan berjalan sempurna dengan tidak membahas sistem modulasi dan perangkat keras yang menyusun jaringan UMTS. Setiap perhitungan kinerja *soft handoff* akan dibandingkan dengan kinerja *hard handoff* dengan perlakuan yang sama, jenis *hard handoff* yang digunakan dalam analisis adalah *inter frequency handoff* dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Matlab 7 untuk perhitungan dan grafis. Penulisan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh diterapkannya *soft handoff* dalam jaringan UMTS terhadap jumlah *user* yang dapat dilayani oleh suatu sel *node B*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)

UMTS merupakan salah satu sistem generasi ketiga yang dikembangkan di Eropa. Standarisasi UMTS ini dilakukan oleh *European Telecommunication Standard Institution* (ETSI) dengan *bit rate* mencapai 2 Mbps pada frekuensi 2 GHz dengan alokasi spektrum 230 MHz. UMTS bekerja di bidang frekuensi 1885-2025 Mhz untuk *downlink* dan 2110-2200 Mhz untuk *uplink*. Sistem ini menggabungkan *paging*, *cordless*, *mobile terrestrial*, dan *mobile* satelit dalam satu kesatuan standar. UMTS menawarkan layanan komunikasi, seperti telepon dan *short message service* (SMS), serta layanan data yang memungkinkan transfer informasi antar *access point*.

Layanan data memiliki parameter *Quality of Service* (QoS) untuk transfer delay, variasi delay, dan *Bit Error Rate* (BER). UMTS juga memiliki kelas QoS yang berbeda untuk empat macam tipe trafik, penjelasannya adalah sebagai berikut :

- *Conversational class* (voice, video telephony, video gaming)
- *Streaming class* (multimedia, video on demand, webcast)
- *Interactive class* (browsing internet, network gaming, database access)
- *Background class* (email, sms, downloading)

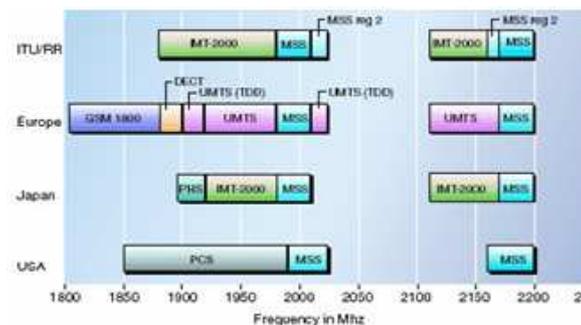
Selain itu, UMTS juga memiliki suatu *Virtual Home Environment* (VHE) yang merupakan konsep untuk layanan privat untuk lingkup tertentu. Segi keamanan jaringan serta layanan berbasis lokasi juga telah dikembangkan pada UMTS [2].

B. Metode Duplex

Dalam arsitektur WCDMA, digunakan dua tipe dupleks yaitu, *Frequency Division Duplexing* (FDD) dan *Time Division Duplexing* (TDD). Metode ini saling melengkapi satu sama lain. FDD menggunakan operasi *wideband-CDMA* (WCDMA) dengan minimum band frekuensi yang dibutuhkan adalah 2×5 MHz untuk *uplink* dan *downlink* (*paired*), sedangkan TDD berbasis pada *Time Division CDMA* (TD-CDMA) dan hanya

menggunakan *band* frekuensi minimal 1×5 MHz (*unpaired*).

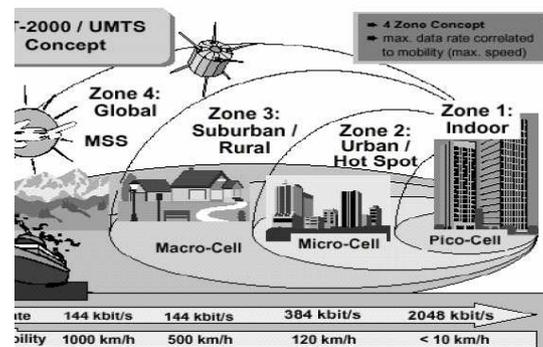
Mode FDD memiliki pita frekuensi yang lebih lebar, sehingga cocok untuk diterapkan pada area dengan tingkat kepadatan yang tinggi yaitu pada sel makro atau mikro. Sedangkan mode TDD tidak mengijinkan delay propagasi yang besar antara UE dan *Node B* karena hal ini akan mengakibatkan tabrakan antara *timeslot* pengiriman dan penerimaan. Hal ini merupakan alasan mengapa sistem TDD lebih cocok untuk lingkungan dengan delay propagasi yang kecil, karenanya mode TDD diterapkan pada sel *micro* atau *pico*. Berikut ini adalah skema pembagian spektrum UMTS di Eropa, Jepang, Korea Utara dan USA.



Gambar 1. Pembagian Spektrum UMTS [7]

C. Area Layanan

Area layanan pada UMTS terbagi dalam beberapa area yang masing-masing memiliki sifat yang berbeda menyesuaikan luas area dan kepadatan penduduknya. Skema area ini ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Area Layanan UMTS [5]

D. Multi Path Diversity – Rake Receiver

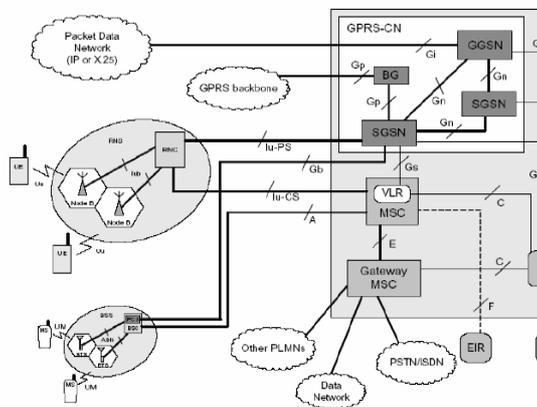
Efek *multi-path* adalah keadaan dimana suatu UE menerima beberapa sinyal *Node B* dari berbagai arah. Hal tersebut terjadi karena adanya pantulan-pantulan alami yang terjadi dalam area propagasi. *Multi-path diversity* biasanya menyebabkan kesulitan pada sistem transmisi *wireless*. Sedangkan salah satu keuntungan sistem *Direct-Sequence Spread Spectrum* (DSSS) pada sistem WCDMA adalah, sinyal yang diterima oleh *multiple paths* dengan *delay* propagasi dan kekuatan sinyal yang berbeda justru dapat meningkatkan performansi sistem.

Untuk mengkombinasikan komponen *multi-path*

yang berbeda tersebut, penting sekali untuk memisahkannya terlebih dahulu, pada sistem WCDMA digunakan suatu *Rake receiver*. Perangkat ini terdiri atas beberapa *receiver* yang disebut "*finger*". Dengan menggunakan rotator fasa dan *equalizer*, pembagian energi pada komponen sinyal yang berbeda dapat dilakukan yang fasa dan amplitudonya telah mengalami perubahan karena kondisi kanal. Setelah menyesuaikan delay waktu dan kekuatan sinyal, perbedaan-perbedaan tersebut disatukan dalam satu sinyal dengan kualitas yang lebih baik. Proses ini disebut *maximum ratio combining* (MRC).

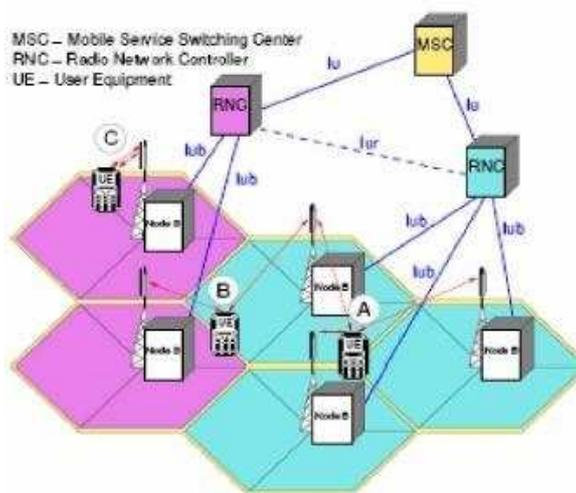
E. Arsitektur Jaringan

WCDMA oleh 3GPP (*the 3rd Generation Partnership Project*) diterapkan pada UMTS (*Universal Mobile Telecommunications Service*) sebagai *radio akses*. Jaringan *radio akses* dalam UMTS disebut UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*). Berikut ini adalah gambar arsitektur UMTS release 1999.



Gambar 3. Arsitektur WCDMA pada UMTS [5]

F. Arsitektur UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network)



Gambar 4. Arsitektur UTRAN [9]

UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*) terdiri dari satu atau lebih RNS (*Radio Network Sub-System*). Sebuah RNS merupakan sub-sistem dalam UTRAN yang terdiri dari sebuah RNC (*Radio Network*

Controller) dan satu atau lebih *Node B*. Arsitektur UTRAN ditunjukkan dalam Gambar 4.

G. Parameter Jaringan UMTS

▪ Processing Gain

Processing gain didefinisikan sebagai perbandingan antara bandwidth kanal sinyal RF dengan *bandwidth* pesan atau informasi. *Bandwidth* yang digunakan pada sistem adalah 5 MHz dengan kecepatan chip sebesar 3,84 Mchip/s.

▪ Perbandingan E_b/N_0

Pada komunikasi digital, seringkali disebut parameter E_b/N_0 , atau energi sinyal per bit tiap kerapatan daya *noise*. Parameter ini dapat dihubungkan dengan *Signal to Noise Ratio* (SNR) konvensional dengan mengetahui bahwa energi per bit sama dengan daya sinyal pemodulasi rata-rata dalam durasi tiap bit [14]

▪ Frequency Reuse (F)

Frequency reuse factor pada sistem CDMA didefinisikan sebagai jumlah total interferensi yang diterima oleh sel dari pelanggan lain dalam satu sel, ditambah dengan pelanggan dari sel lain. Nilai *frequency reuse* ideal adalah 1. Keadaan ini dapat terjadi jika jarak antar sel dengan kanal radio yang sama adalah sangat jauh [9].

▪ Efek Sektorisasi

Interferensi dari user lain yang berbeda sel dapat dikurangi apabila sel tersebut disektorisasi. Sebagai ganti dari antenna *omnidirectional* yang memiliki pola radiasi 360° , sel yang terinterferensi dapat disektorisasi menjadi 3 atau 6 sektor. Dengan demikian, masing-masing sektor hanya menerima sinyal mencakup 120° atau 60° , kemudian antenna menolak interferensi dari user yang tidak tercakup oleh pola antenna [9].

▪ Faktor aktifitas suara (v)

Selama pembicaraan berlangsung, tidak semua waktu pembicaraan terisi penuh. Ada waktu-waktu yang kosong, yaitu pada saat mendengarkan atau diam. Diperkirakan hanya sekitar 35–50 % yang terisi selama pembicaraan. Keadaan seperti ini disebut *voice activity cycle*. Sistem WCDMA mampu mendeteksi keadaan seperti ini, dimana semua *user* menempati satu kanal radio, dimana jika *user* lain tidak aktif maka akan mengurangi interferensi pada kanal tersebut. Maka interferensi total akan berkurang sehingga kapasitas sistem meningkat [9].

▪ Energy per chip per noise density (E_c/N_0)

Penerimaan sinyal pada suatu node B memiliki dua parameter yaitu kuat sinyal yang diterima (RSCP) dan level sinyal pilot (E_c/N_0) yang merupakan perbandingan *energy per chip* terhadap *noise density* [14]

H. Handoff pada UMTS

Dalam arsitektur komunikasi seluler, *handoff* adalah bagian mendasar yang mendukung mobilitas *user*. Pada sistem UMTS diterapkan beberapa tipe *handoff* yang berbeda untuk menangani persyaratan-persyaratan seperti kontrol beban, penetapan area cakupan, dan QoS (*Quality of Service*).

Handoff bertujuan untuk menyediakan layanan

mobile secara kontinyu kepada user yang bergerak hingga melampaui jangkauan suatu sel. Bagi user yang melakukan komunikasi *on-going* dan melintasi batas suatu area sel, lebih menguntungkan jika menggunakan sel baru untuk komunikasi radio. Hal ini dikarenakan kekuatan sinyal pada sel asal semakin memburuk karena pergerakan tersebut. Proses dari pelepasan koneksi *existing* dengan sel asal dan pembangunan koneksi baru dengan sel target disebut "*handoff*". Kemampuan jaringan seluler untuk melakukan *handoff* yang efisien adalah menawarkan layanan atraktif misalnya aplikasi *real-time* atau *media streaming* seperti yang ditawarkan pada komunikasi seluler generasi ketiga.

I. Minimum Receive Signal Power (PR) pada UMTS

Perhitungan kuat sinyal minimum (PR) karena pengaruh Eb/N0 diperlukan sebagai salah satu parameter peningkatan kapasitas tanpa memperhitungkan *pathloss*.

Hubungan antara Eb/N0 dengan PR dapat diperoleh [9] :

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S}{R_b N_0} \tag{1}$$

Dengan S adalah sinyal yang diterima (PR), maka persamaannya akan menjadi :

$$\frac{E_b}{N_0} = P_R - N_0 - 10 \log R_b \tag{2}$$

sehingga :

$$P_R = \frac{E_b}{N_0} + N_0 + 10 \log R_b \tag{3}$$

Sementara noise N0 dinyatakan sebagai:

$$N_0 = kT + NF \text{ (dB)} \tag{4}$$

dengan :

- k = Konstanta Boltzman, (1.38x10⁻²³ J/K)
- T = Temperatur ruang (290° K)
- NF = Noise figure penerima (dB)
- Eb/N0 = Energi per bit tiap kerapatan daya noise (dB)
- S = Daya sinyal pemodulasi rata-rata (watt)
- Rb = Bit rate (bps)
- PR = Kuat sinyal penerimaan minimum (dBm)
- Rb = Bit rate (bps)
- N0 = Kerapatan noise (dBm)

III. PEMBAHASAN DAN ANALISIS

A. Analisis Kapasitas UMTS Pada Saat Handoff

Dalam analisis ini, digunakan jenis komunikasi suara dengan *voice activity factor* (v) 0,4 dan *bit rate* 16 Kbps. Selain itu, sektorisasi antena yang digunakan adalah 3 sektor sehingga λ=2,5. Analisis ini ditinjau dari pengaruh Ec/N0 pada saat *hard* dan *soft handoff* terhadap kapasitas jaringan. Nilai Ec/N0 sendiri didapat dari hasil pengukuran dalam jaringan saat terjadi *handoff* baik *hard handoff* maupun *soft handoff*. Kemudian nilai inilah yang nantinya digunakan untuk mencari kapasitas sel *Node B*.

Perhitungan kapasitas jaringan ini

$$M = \left[\frac{W/R_b}{E_b/N_0} \right] \times F \times \lambda \times \frac{1}{v} \tag{5}$$

dengan :

- M = Kapasitas sel (user/sel)
- η = 70% = 0,7, v= 0,4

$$\lambda = 2,5, R_b = 16 \text{ Kbps}$$

$$W = 3,84 \text{ Mcps}$$

$$F = \frac{1}{1+\eta}$$

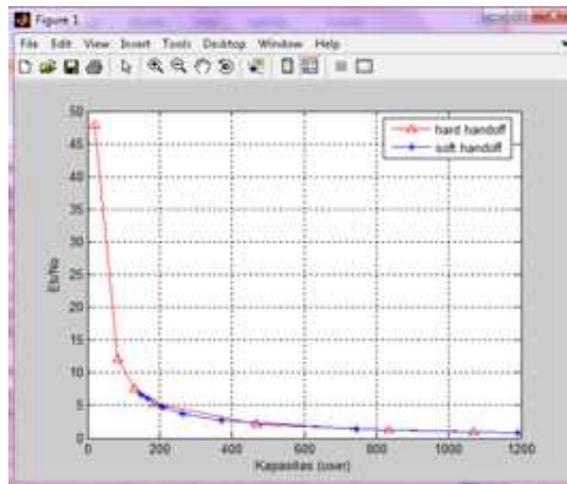
Untuk mendapatkan nilai Eb/N0, jika diketahui Ec/N0 = -13 dB = 0,0501

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{W E_c}{R_b N_0} = \frac{3,84 \cdot 10^6}{16 \cdot 10^3} \times 0,0501 = 12,024$$

Kemudian,

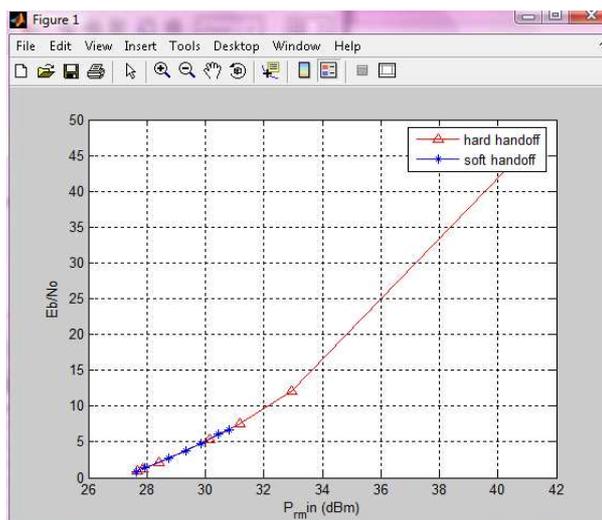
$$M = \left[\frac{3,84 \cdot 10^6 / 16 \cdot 10^3}{12,024} \right] \times 0,588 \times 2,5 \times \frac{1}{1,5} \approx 83 \text{ user}$$

Maka dengan demikian, didapatkan peningkatan kapasitas sebesar 43 user atau 9,77% saat menggunakan *soft handoff* dibanding saat *hard handoff*. Gambar di bawah ini menunjukkan grafik hubungan Eb/N0 terhadap kapasitas jaringan UMTS.



Gambar 5. Grafik Eb/N0 vs. kapasitas UMTS

B. Analisis Minimum Power sinyal terima(PR)



Gambar 6. Grafik Eb/N0 vs. Pmin saat handoff

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui level penerimaan daya minimum yang dipengaruhi oleh Eb/N0 saat terjadi handoff. Perhitungan ini menggunakan persamaan (2.29) sebagai berikut untuk nilai Ec/N0 = -7dB maka Eb/N0 = 16,8dB:

$$P_R = 16,8 + N_0 + 10 \log 16000$$

Sementara noise N_0 dicari dengan persamaan (2.30), sehingga pada temperatur ruang (290°K) dan *noise figure* penerima sebesar 3 dB dihasilkan :

$$N_0 = -203 + NF \quad (\text{dBm})$$

$$N_0 = -203 + 3 = -200\text{dBm}$$

Dengan demikian :

$$P_R = 16,8\text{dB} + (-200\text{dBm}) + 42,04\text{dB} \\ = 47,88 + 10^{-20} + 15,99 = 63,86 = 18\text{dBm}$$

Dari hasil perhitungan, dapat terlihat bahwa *soft handoff* memerlukan daya penerimaan minimum yang lebih rendah daripada *hard handoff*. Hal tersebut berarti bahwa penerapan *soft handoff* menunjukkan penghematan daya sebesar 6,78%. Gambar 6 menunjukkan hubungan antara E_b/N_0 terhadap *minimum received signal power* untuk kondisi *hard handoff* dan *soft handoff*.

C. Analisis Dropcall Probability

Analisis untuk probabilitas *dropcall* dilakukan berdasarkan jumlah permintaan *handoff* dan jumlah *handoff* sukses yang berasal dari data internal. Persamaan yang digunakan adalah :

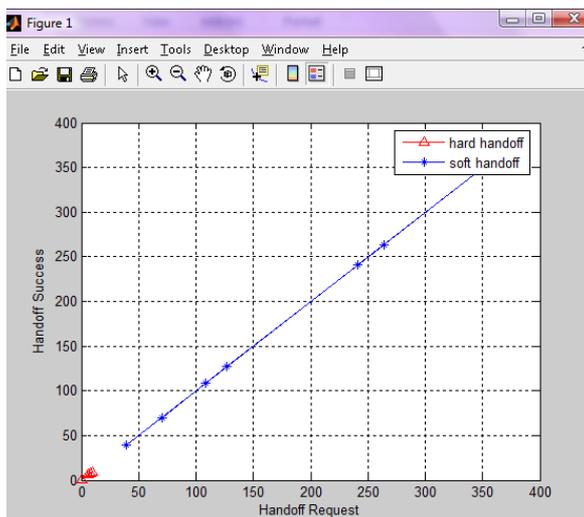
$$\text{Dropcall (\%)} \\ = \frac{\Sigma \text{Handoff request} - \Sigma \text{Handoff success}}{\Sigma \text{Handoff request}} \times 100\%$$

▪ Hard Handoff Dropcall Probability

Diketahui rata-rata jumlah *hard handoff* sukses dalam 5 hari adalah 303.132, maka rata-rata *handoff* sukses dalam 1 jam sibuk dalam 1 hari adalah 2526. Maka perhitungan *dropcall probability* adalah :

$$\text{Dropcall (\%)} = \frac{31,1332 - 30,375}{31,1332} \times 100\% \\ = 2,435\%$$

▪ Soft Handoff Dropcall Probability



Gambar 7. Grafik kesuksesan vs permintaan handoff terhadap permintaan handoff

Diketahui rata-rata jumlah *soft handoff* sukses dalam 5 hari adalah 10.259.080, maka rata-rata *handoff* sukses dalam 1 jam sibuk dalam 1 hari adalah 85.492. Maka perhitungan *dropcall probability* adalah :

$$\text{Dropcall (\%)} = \frac{1201,35 - 1200,341}{1201,35} \times 100\%$$

$$= 0,08\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dapat terlihat bahwa penggunaan *soft handoff* dapat menurunkan probabilitas putus panggilan karena *handoff failure* sebesar -98%, yaitu dari *dropcall probability hard handoff* senilai 2,92% menjadi 0,03% untuk *soft handoff*.

Gambar 7 menunjukkan hubungan antara kesuksesan *handoff* terhadap permintaan *handoff* pada ketujuh sel dalam satu RNC baik *hard* maupun *soft handoff*.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perhitungan dan analisis pengaruh *soft handoff* terhadap kapasitas jaringan UMTS didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan data handoff diperoleh nilai kapasitas rata-rata yang dipengaruhi nilai E_c/N_0 saat hard handoff adalah 398 user. Sedangkan nilai kapasitas rata-rata yang dipengaruhi E_c/N_0 saat soft handoff adalah 441 user. Dengan demikian kapasitas meningkat sebesar 9,77% dengan penerapan soft handoff.
2. Analisis minimum received power memperlihatkan hasil bahwa *hard handoff* memerlukan daya setidaknya sebesar 31,375 dBm dan 29,246 dBm untuk *soft handoff*. Dengan demikian *soft handoff* lebih menghemat daya sebesar -6,78% yang diperlukan untuk proses *handoff*.
3. Dari data jumlah permintaan *handoff* dan jumlah *handoff* sukses didapatkan bahwa *dropcall probability* untuk *hard handoff* adalah 2,92% dan 0,03% untuk *soft handoff*. Sehingga dengan diterapkannya *soft handoff*, *dropcall probability* yang disebabkan oleh *handoff failure* menurun hingga -98%.
4. Analisis untuk pengaruh soft handoff terhadap kapasitas jaringan UMTS dapat ditingkatkan dengan analisis pengaruh soft handoff terhadap kapasitas jaringan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 3GPP. 1999. Technical Specification Group Radio Access Network : UTRAN Overall Description, TS 3G 25.401 version 3.0.0. Third Generation Partnership Project.
- [2] 3GPP. 2004. The Evolution of UMTS Release 5 and Beyond, Third Generation Partnership Project.
- [3] Christophe Chevallier., et al. 2006. WCDMA (UMTS) Deployment Handbook Planning and Optimization Aspects. John Wiley and Sons, Ltd.
- [4] Duk Kyuk Kim, 1999. Charaterization of Soft Handoff in CDMA Systems : IEEE Transaction on Vehicular Technology.
- [5] Holma, H Toskala.,A. 2000. WCDMA for UMTS. New York. John Wiley & Sons Inc.
- [6] Koivo, Heiki & Mohammed Elmusrati. 2009. System Engineering in Wireless Communication. Chippenham. John Wiley & Sons Inc.
- [7] Singh, N.P. & Brahmjit Singh. 2008. Performance of Soft Handoff Algorithim in Varied Propagation Environments. World Academy of Science : IEEE.
- [8] Van Cauwenberg, Stijn N.P., 2003. Study of Softhandover in UMTS. Danmarks Tekniske Universitet.
- [9] Yang, Samuel, 2004. 3G CDMA 2000 Wireless System Engineering. Norwood : Artech House, Inc.