

ANALISIS PERENCANAAN JARINGAN HETEROGEN 3G (UMTS/HSDPA) DAN WLAN 802.11n OUTDOOR STANDAR 3GPP UMA/GAN DENGAN TRAFIK OFFLOAD SHARING DI KOTA BANDUNG

Budi Agus Setiawan¹, Nachwan Mufti², Tody Ariefianto Wibowo³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

UMA (Unlicensed Mobile Access) merupakan standar teknologi MDO (Mobile Data Offload) yang diperkenalkan pada September 2004, kemudian disahkan oleh 3GPP Release 6 dengan nama GAN (Generic Access Network). UMA memanfaatkan teknologi non-3GPP yaitu WLAN standar IEEE 802.11 untuk mengatasi overload trafik dan blank spot yang ada pada jaringan eksisting seperti 3G atau 4G. Dalam komunikasi seluler, overload trafik adalah masalah yang timbul akibat kapasitas atau resource jaringan yang tidak mampu lagi menampung kebutuhan trafik user. Dalam Tugas Akhir ini, telah dilakukan perencanaan jaringan 3G (UMTS/HSDPA) dengan WLAN 802.11n outdoor pada frekuensi 5.8 GHz dan bandwidth 20 MHz dari segi RF (Radio Frequency) menggunakan metode coverage dan capacity planning, serta mempertimbangkan kondisi trafik eksisting tiap daerah Dense Urban, Urban, Suburban dan Rural di kota Bandung. Sehingga didapatkan fase perencanaan pertama (2013) dilakukan integrasi jaringan di daerah Dense Urban, fase kedua (2014) mulai dilakukan integrasi di daerah Urban dan fase ketiga (2015) mulai dilakukan integrasi di daerah Suburban.

Hasil dari penelitian Tugas Akhir ini, menunjukkan bahwa performansi jaringan tiap fase perencanaan dari segi coverage by signal level di Kota Bandung dikatakan baik, karena lebih dari 80% coverage WLAN 802.11n outdoor memiliki signal level penerimaan di atas -90dBm dan lebih dari 80% user yang mencoba offload berhasil mengakses WLAN 802.11n atau offload success rate lebih dari 80%. Selain itu, dengan adanya implementasi jaringan 3G (UMTS/HSDPA) dengan jaringan UMA/GAN WLAN 802.11n outdoor, dapat meningkatkan 3G connection success rate lebih dari 75%. Dari segi network throughput, fase I di daerah Dense Urban naik hingga 442.2% (137.08 Mbps) atau 5 kali 3G. Fase II, di daerah Dense Urban naik hingga 771.29% (303.21 Mbps) atau 8 kali 3G. Di daerah Urban naik hingga 520.2% (184.46 Mbps) atau 6 kali 3G. Fase III, di daerah Dense Urban naik hingga 557.48% (300.6 Mbps) atau 6 kali 3G. Di daerah Urban naik hingga 334.1% (207.85 Mbps) atau 4 kali 3G. Di daerah Suburban naik hingga 309.3% (151.36 Mbps) atau 4 kali 3G.

Kata Kunci : 3G (UMTS/HSDPA), UMA/GAN, WLAN 802.11n outdoor, offload, coverage by signal level, throughput.

Telkom
University

Abstract

(Unlicensed Mobile Access) is a technology of MDO (Mobile Data Offload) standard that UMA was introduced in September 2004 , and approved by the 3GPP Release 6 with the name GAN (Generic Access Network) . Utilizing UMA technology , namely the non - 3GPP WLAN IEEE 802.11 standard to reduce the overload of traffic and blank spot on the existing network such as 3G or 4G . In mobile communications ,overload traffic is a problem that arises due to capacity or network resources are no longer able to accommodate the needs of the user traffic .

In this final project , has made planning of integration between 3G network (UMTS / HSDPA) with WLAN 802.11n outdoor at frequency of 5.8 GHz and bandwidth 20 MHz in terms of RF (Radio Frequency) using the method of coverage and capacity planning , as well as considering the conditions of each of the existing traffic area in Dense Urban , Urban , Suburban and Rural at Bandung city . So we get the first phaseplanning (2013) started to do the integration in Dense Urban area, the second phase (2014) began in Urban and in third phase (2015) started to do the integration Suburban area

The results of this final study , indicate that the network performance of each phase of planning in terms of coverage by the signal level is good , because more than 80 % coverage of WLAN 801.11n outdoor in Bandung has a signal level above - 90dBm and more than 80% of users that trying to offload successfully connected or offload success rate more than 80% . Beside that, with this integration can increase 3G connection success rate above 75% than before integration. In terms of network throughput, phase I in Dense Urban areas increased to 442.2%(137.08 Mbps) 3G or 4 times. Phase II , in Dense Urban area increased to 797.5 % (309.02 Mbps) 3G or 8 times. In Urban areas increased to 520.2 % (184.46 Mbps) 3G or 6 times. Phase III , in Dense Urban area increased to 557.48% (300.6 Mbps) 3G or 6 times. Urban areas increased to 334.1 % (207.85 Mbps) 3G or 4 times before integration. Suburban areas increased to 309.3% (151.36 Mbps) 3G or 4 times.

Keywords : 3G (UMTS / HSDPA) , UMA / GAN , WLAN 802.11n outdoor , offload , coverage by the signal level , throughput .

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Adanya peningkatan kebutuhan data pengguna seluler secara eksponensial dan tuntutan kualitas layanan yang layak dikatakan sebagai *broadband*, maka dibutuhkan perencanaan jaringan yang tepat sesuai kondisi eksisting. Seiring dengan bertambahnya populasi penduduk dan permintaan akses data di suatu daerah, tentunya akan mempengaruhi kapasitas sistem jaringan seluler itu sendiri. Ketika kapasitas sistem tersebut tidak mampu lagi menangani trafik *user* yang semakin meningkat, maka akan mengakibatkan adanya lonjakan trafik atau *overload* trafik yang berdampak buruk bagi kualitas sistem itu sendiri, sehingga kualitas layanan akan menurun dan *customer complain* semakin meningkat. Disisi lain, pemerintah juga menargetkan sesuai *National Broadband Plan No.5/2010 RPJMN & MP3EI* masing-masing *user* harus mencapai *bitrate* 256 Kbps sehingga dapat dikategorikan sebagai komunikasi *broadband*. Bahkan di tahun 2014, diharapkan minimal *downlink bitrate* per *user* adalah 512 Kbps^[13]. Untuk mencapai hal tersebut, dibutuhkan *bandwidth* tambahan atau implementasi teknologi baru untuk meningkatkan kapasitas sistem itu sendiri.

Saat ini teknologi telekomunikasi seluler terus mengalami perubahan dan menawarkan kapasitas, kualitas, sekaligus *datarate* yang lebih baik dari generasi sebelumnya. UMTS(*Univesal Mobile Telephone System*) merupakan teknologi generasi ke-3 yang diadopsi oleh badan standar 3GPP(*Third Generation Partnership Project*), bertujuan untuk meningkatkan *datarate* dan menampung *user* dengan kapasitas yang lebih dari teknologi sebelumnya yaitu GPRS/EDGE. Saat ini teknologi 3G telah mencapai *datarate* 14.4 Mbps dengan teknologi HSDPA. Tetapi, operator tidak bisa hanya bergantung pada teknologi 3G, terdapat tiga alasan dasar yang berkontribusi menyebabkan infrastruktur *bandwidth* jaringan 3G saat ini tidak dapat mempertahankan permintaan kebutuhan di masa depan. Pertama, trafik jaringan yang semakin meningkat, menurut *Cisco System*, pada tahun 2015 kebutuhan trafik data akan mencapai 26 kali lebih tinggi dibandingkan tahun 2010, terutama untuk layanan *mobile video*^[8]. Kedua, pengguna *smartphone* yang terus meningkat. Percepatan adopsi *smartphone* oleh masyarakat, sekaligus permintaan akses data yang besar dibandingkan *handphone* biasa, merupakan penyebab utama adanya lonjakan trafik. Hal ini dipicu adanya penawaran akses internet yang mudah, cepat dan layanan yang bervariasi dengan menggunakan *smartphone*. Ketiga, spektrum frekuensi yang mahal dan terbatas. Teknologi telekomunikasi sangat bergantung pada frekuensi dan *bandwidth* untuk beroperasi, oleh karena itu dibuatkan perjanjian internasional agar sistem komunikasi di negara tetangga tidak mengganggu satu sama lain. Ketika teknologi *wireless* semakin

Perencanaan jaringan heterogen 3G(UMTS/HSDPA) dan WLAN802.11n *outdoor* standar 3GPP UMA/GAN dikota Bandung

berkembang, terdapat kontroversi terhadap alokasi spektrum frekuensi yang disediakan untuk setiap teknologi. Tiap *provider* menginginkan *bandwidth* yang lebih agar dapat menjual produk dan melayani lebih banyak user. Jadi, kelangkaan spektrum merupakan hal yang nyata dan jelas dihadapi oleh operator, hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan *resource* untuk memenuhi kebutuhan masa depan harus dilakukan secara bijaksana.

Dalam sistem komunikasi seluler, permasalahan kapasitas terletak pada radio dan *backhaul*^[10], karena kedua hal tersebut merupakan faktor pembatas sejumlah trafik data dapat lewat dari jaringan internet operator ke *end user*^[8]. Menambah kapasitas perangkat hanya dapat mengurangi masalah secara temporer dan bukan solusi permanen. Solusi yang mungkin, pertama adalah *scaling*, dengan menambah BTS (*Base Transceiver Station*) baru atau meningkatkan kapasitas disisi *backhaul*, tetapi pendekatan ini membutuhkan infrastruktur dan investasi yang lebih dengan biaya tinggi. Kedua adalah optimasi, hal ini mengacu pada optimasi penggunaan radio dan *backhaul* dengan cara *upgrade* ke beberapa teknologi. Meskipun demikian, konsumsi data akan terus meningkat melebihi kapasitas teknologi yang telah di *upgrade* dan tentunya *upgrade* teknologi membutuhkan investasi yang besar. Ketiga, menerapkan MDO (*Mobile Data Offloading*). MDO merupakan teknik yang memanfaatkan jaringan teknologi lain untuk mengirim data ke pengguna seluler. MDO dapat diterapkan sebagai jaringan tambahan yang berdiri sendiri atau dengan sistem *overlay*. Bagi operator hal ini berkontribusi untuk mengurangi *traffic congestion* dan membantu mengurangi biaya CAPEX (*Capital Expenditure*), OPEX (*Operational Expenditure*) tanpa mempengaruhi kualitas layanan^[8]. Terdapat 2 kandidat teknologi MDO, yaitu *Femtocell* dan *Wifi*. *Femtocell* merupakan *Base Station* kecil yang terkoneksi ke jaringan ISP (*Internet Service Provider*) via *broadband* ADSL. Sedangkan *wifi*, merupakan teknologi *wireless* standar IEEE 802.11 yang menyediakan komunikasi *high speed* internet, saat ini pengembangan *wifi* bervariasi dari 802.11a/b/g/n sekaligus menawarkan *datarate* yang lebih tinggi dari UMTS/HSDPA. *Interworking* 3G-WLAN telah muncul sebagai salah satu kandidat *offloading* data yang potensial. Pertama, spektrum yang tidak berlisensi pada frekuensi 2.4 GHz dan 5.8 GHz, selain itu *wifi* memiliki *bandwidth* yang lebar. Kedua, *high datarate* dan kapasitas yang lebih. Standar IEEE 802.11n mampu memberikan *datarate* teoritis maksimum hingga 600 Mbps. Ketiga, keamanan dan QOS (*Quality Of Service*) yang lebih baik. Sejak diperkenalkan standar IEEE 802.11 WLAN di tahun 1999, *wifi* telah melewati serangkaian perubahan untuk mendukung kualitas layanan (QOS) dan tingkat keamanan data. Berawal dari standar enkripsi *wireless* paling umum WEP (*Wired Equivalent Privacy*) yang telah terbukti mudah ditembus, munculnya *wifi* juga telah dilindungi enkripsi WPA dan WPA2 yang ditujukan untuk memecahkan permasalahan sebelumnya. WPA2 merupakan standar enkripsi IEEE 802.11i yang menyediakan

Perencanaan jaringan heterogen 3G(UMTS/HSDPA) dan WLAN802.11n *outdoor* standar 3GPP UMA/GAN dikota Bandung

128-bit AES enkripsi berbasis PSK (*Pre Shared Key*) sehingga sangat ideal bagi operator untuk menyediakan layanan AAA (*Authentication, Authorization, Accounting*)^[8]. Jaringan *Wifi* juga memungkinkan adanya prioritas layanan aplikasi multimedia seperti VoIP, *game* interaktif, dan *video streaming*, untuk mendukung persyaratan *jitter* dan *latency* dari aplikasi ini. Sehingga QOS dan keamanan pada jaringan *wifi* hampir sebanding dengan jaringan 2G/3G^[8].

Dalam tugas akhir ini, akan dibahas mengenai analisis perencanaan jaringan heterogen 3G(UMTS/HSDPA) dengan teknologi WLAN IEEE 802.11n *outdoor* standar UMA/GAN 3GPP di kota Bandung. Dalam pembuatan tugas akhir ini, akan dilakukan analisis trafik pelanggan sesuai kondisi jaringan *existing*, melakukan perencanaan pada sisi RF (*Radio Frequency*) menggunakan parameter-parameter untuk teknologi UMA/GAN WLAN802.11n *outdoor*. Dengan frekuensi kerja WLAN yang dipilih adalah 5.8 GHz dengan skenario bandwidth 20 MHz.

Perencanaan yang dilakukan memperhitungkan dari sisi *coverage*, *capacity* dari sistem UMA/GAN WLAN802.11n *outdoor* dengan memperhatikan kondisi jaringan 3G(UMTS/HSDPA) eksisting. Setelah selesai dalam perencanaan dan melakukan simulasi dengan *software* Atoll 3.1.2, maka akan dilakukan analisis terhadap hasil perencanaan.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan penelitian Akhir ini adalah :

1. Melakukan perencanaan jaringan heterogen UMA/GAN WLAN 802.11n *outdoor* pada suatu jaringan 3G(SC-UMTS/HSDPA) eksisting.
2. Menganalisis kinerja hasil perencanaan yang meliputi analisis *coverage by signal level* dan *throughput* jaringan UMA/GAN WLAN 802.11n *outdoor* pada frekuensi 5.8 Ghz dengan *bandwidth* 20 MHz.

1.3 Rumusan Masalah

Perencanaan UMA/GAN WLAN802.11n *outdoor* akan dilakukan pada frekuensi 5.8 GHz dengan *bandwidth* 20 MHz. Beberapa hal yang akan dianalisis antara lain mengenai:

1. Analisis kapasitas jaringan SC-3G(UMTS/HSDPA) eksisting dari segi *pole capacity* dan *load factor*.
2. Analisis pertumbuhan atau penurunan *throughput cell* dan jaringan SC-3G(UMTS/HSDPA) *Dense Urban, Urban, Suburban* dan *Rural* eksisting di kota Bandung hingga tahun 2017.

3. Analisis kebutuhan sel WLAN 802.11n pada frekuensi 5.8 GHz dengan *bandwidth* 20 MHz menggunakan metode *coverage* dan *capacity planning*.
4. Analisis tahapan implementasi UMA/GAN WLAN802.11n *outdoor* di Kota Bandung.
5. Pembuatan simulasi daerah cakupan sel (*Coverage by Signal level*) dan analisis *throughput* dari hasil perencanaan jaringan WLAN 802.11n *outdoor* dengan menggunakan *software* Atoll 3.1.2.

1.4 Batasan Masalah

Agar dalam pengerjaan Tugas Akhir ini didapatkan hasil yang optimal, maka masalah akan dibatasi sebagai berikut :

1. Perencanaan RAN (*Radio Access Network*) yang meliputi proses perencanaan jumlah *Access Point* WLAN 802.11n *outdoor*.
2. Data trafik eksisting sudah tersedia dan tidak menjadi bagian dari pembahasan.
3. Perencanaan dilakukan pada frekuensi kerja 5.8 GHz dengan skenario *bandwidth* 20 MHz.

1.5 Metodologi Penelitian

Penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan dengan metode sebagai berikut :

1. Studi pustaka dengan mempelajari metodologi perencanaan UMA/GAN WLAN 802.11n *outdoor* melalui literatur seperti buku, jurnal dan lain sebagainya.
2. Studi lapangan untuk mengumpulkan data primer dalam analisis *throughput* layanan 3G(UMTS/HSDPA), serta mempelajari kondisi serta lokasi jaringan UMTS eksisting di Kota Bandung.
3. Simulasi dan analisis
4. Penyusunan laporan dan penarikan kesimpulan

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Berisi latar belakang masalah, tujuan penulisan, perumusan masalah, batasan masalah, metodologi penyelesaian masalah yang akan digunakan, serta sistematika penulisan yang memuat susunan penulisan Tugas Akhir.

BAB II Dasar Teori

Membahas tentang sistem seluler 3G(UMTS/HSDPA) dan sistem WLAN 802.11n, yaitu tentang karakteristik dan struktur jaringan UMTS/HSDPA, struktur jaringan dan karakteristik jaringan UMA/GAN WLAN 802.11n.

BAB III Tahapan Perencanaan Jaringan UMA/GAN WLAN802.11n Outdoor

Membahas tentang langkah-langkah yang digunakan dalam mendesain jaringan WLAN 802.11n *outdoor*, antara lain tentang estimasi kapasitas dan *throughput* berdasarkan jaringan yang telah ada, alokasi frekuensi, layanan perencanaan konfigurasi *Access Point* yang optimal dan perhitungan *link budget*.

BAB IV Simulasi dan Analisis

Menganalisa parameter optimal sistem WLAN 802.11n berdasarkan kualitas dan kapasitas, serta hasil yang diperoleh berdasarkan tahapan perencanaan untuk studi kasus daerah Kota Bandung. Dan membuat simulasi tentang daerah cakupan (*coverage*) sel, *throughput* dengan menggunakan software Atoll 3.1.2.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Berisi kesimpulan dari penulisan Tugas Akhir ini dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan Hasil Penelitian

1. Jaringan 3G(SC-UMTS/HSDPA) eksisting di Kota Bandung
 - Berdasarkan hasil *forecasting* tahun 2012 hingga 2017, jumlah sel yang memiliki *load factor* lebih dari 80% di daerah *Dense Urban* mengalami kenaikan tertinggi dibandingkan daerah *Urban*, *Suburban*, dan *Rural*, naik 882% yaitu 167 sel 3G(SC-UMTS/HSDPA) atau 9 kali lipat dari tahun 2012.
 - Berdasarkan hasil *forecasting*, daerah *Dense Urban* yang memiliki *load factor* diatas 80%, memiliki peningkatan *network throughput* tertinggi dari tahun 2012 hingga tahun 2017 di bandingkan daerah *Urban*, *Suburban*, dan *Rural*.
 - Perlu dilakukan ekspansi jaringan untuk mengatasi *overload* kapasitas, salah satunya dengan *wifi-offload*. Sehingga dalam perencanaan Tugas Akhir ini, daerah *Dense Urban* memiliki prioritas pertama untuk dilakukan integrasi, kemudian daerah *Urban* mendapatkan prioritas kedua, daerah *Suburban* mendapat prioritas ketiga dan daerah *Rural* mendapat prioritas keempat.
2. Kebutuhan Sel WLAN 5.8 GHz, BW 20 MHz dan Skenario Implementasi
 - Berdasarkan prioritas perencanaan, dibuat fase perencanaan meliputi tiga fase perencanaan, yaitu fase pertama dilakukan pada tahun 2013, diimplementasikan teknologi UMA/GAN WLAN802.11n *outdoor* pada daerah *Dense Urban* dengan 75 titik *Access Point*. Fase kedua dilakukan pada tahun 2014, mulai diimplementasikan didaerah *Urban*, yang mana dilakukan penambahan 72 titik *Access Point* daerah *Dense Urban* dan 78 titik *Access Point* untuk daerah *Urban*. Sedangkan fase ketiga, dilakukan pada tahun 2015, mulai diimplementasikan didaerah *Suburban*, dengan penambahan 54 titik *Access point* di daerah *Dense Urban*, penambahan 27 *Access Point* didaerah *Urban* dan 58 titik *Access Point* di daerah *Suburban*.
3. Hasil Perencanaan dari segi *Coverage by Signal Level(dBm)*
 - Pada fase pertama, kedua, dan ketiga. Implementasi teknologi UMA/GAN di daerah *Dense Urban*, *Urban* dan *Suburban* dikatakan layak untuk diimplementasikan, karena berdasarkan hasil simulasi, lebih dari 80% *coverage area* WLAN802.11n *outdoor* memiliki daya penerimaan diatas -90dBm.
4. Hasil Perencanaan dari segi *Throughput*

- Pada fase pertama, kedua dan ketiga. Dari segi *network throughput*, setelah dilakukan implementasi UMA/GAN mampu menaikkan *throughput* lebih dari 100%, hal ini dikarenakan kapasitas WLAN 802.11n yang besar.
- 5. Pada fase pertama, kedua dan ketiga. Dari segi *network 3G(UMTS/HSDPA)*, dapat menaikkan *3G connection success rate* hingga lebih dari 75% dibandingkan sebelum dilakukan implementasi.
- 6. Pada fase pertama, kedua dan ketiga. Dari segi *offload*, dikatakan bagus, karena lebih dari 80% user berhasil *offload* ke jaringan UMA/GAN WLAN802.11n outdoor atau memiliki *offload success rate* lebih dari 80%.
- 7. Pada fase pertama, kedua dan ketiga. Dari segi *single user throughput*, dapat memberikan keuntungan 1 Mbps per user pada layanan *offload* yaitu *Web browsing*, *FTP* dan *Video Streaming*. Sehingga memenuhi harapan akses minimum per pengguna pada Inpres No.11 Tahun 2011 RPJMN Area I hingga tahun 2014, Area II hingga tahun 2016, Area III hingga 2018, dan Area IV hingga 2020.

5.2 Saran

- Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai perencanaan dari sisi *backhaul*, dan dari sisi *core* agar perencanaan mencakup secara keseluruhan hingga proses TNP (*Transmission Network Planning*).
- Perlu adanya penelitian tentang *wifi-offload* di *indoor* area.
- Riset mengenai analisis kelayakan serta CAPEX dan OPEX dari perancangan jaringan WLAN802.11n ini perlu dilakukan agar pihak terkait dapat memprediksi kebutuhan investasi, prediksi pendapatan serta penghematan biaya jaringan setelah jaringan ini di implementasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 3GPP TS 23.234. 2012. "3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Services and System Aspects 3GPP system to Wireless Local Area Network (WLAN) interworking System description (Release 11)".
- [2] 3GPP TS 36.101. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception.
- [3] Ajay R. Mishra, "Cellular Technologies for Emerging Markets: 2G, 3G and Beyond".
- [4] Amin, M. 2013. "Teknologi Wireless Masa Kini dan Masa Depan (Wifi, Wimax & LTE)". <http://10111048.blog.unikom.ac.id/teknologi-wireless.6ff>.
- [5] Atoll Manual Book."Radio planning & Optimization Software version 3.1.2".
- [6] Feng, Gian."HSDPA Implementation Strategies slide".Huawei.China
- [7] Fraser, Sandy. 2007. "UMA/GAN the next wireless revolution?". Agilent Technologies. Mobile Broadband Division.
- [8] Gupta, Vishal & Kumar Rohil, Mukesh.2012."ENHANCING WI-FI WITH IEEE 802.11U FOR MOBILE DATA OFFLOADING.International Journal of Mobile Network Communications & Telematics (IJMNCT) Vol.2, No.4", August 2012.
- [9] Korowajczuk, Leonhard. 2011. "LTE, WIMAX and WLAN Network Design, Optimization and Performance Analysis. Inc., Reston, VA".USA.
- [10] Laiho, Jaana. "WCDMA Radio Network Planning Guide". Nokia.
- [11] Phil Kendall and Sue Rudd. 2012. "WiFi Offload - Roadmap to Seamless". Wireless Operator Strategies Service.
- [12] Rizky, Dani. 2012. "PERENCANAAN MIGRASI JARINGAN GSM/UMTS MENUJU JARINGAN LONG TERM EVOLUTION (LTE) STUDI KASUS OPERATOR TELKOMSEL DI KOTA BANDUNG". Bandung, Jawa Barat.
- [13] Setiawan, Denny. 2011. "National Broadband Plan Peluang dan Tantangan, merujuk RPJMN target pembangunan Broadband". Ditjen SDPPI.
- [14] Siaran Pers No. 156/PIH/KOMINFO/7/2009
- [15] Wadie Badri, Hani, dkk. "Electromagnetic Propagation Environment Effects OnThe WiMAX Communication System".
- [16] WiFi Solution Team. 2011. "Ericsson WiFi Integrated Network Solution Overview". Ericsson Indonesia.
- [17] Wireless 20|20. 2012. "ROI Analysis of WiFi Offloading".