

ANALISIS UNJUK KERJA TRANSMISI DATA DALAM JARINGAN SELULER MAKRO-FEMTO MENGGUNAKAN MEKANISME *CLOSE ACCESS*

Bagus Made Sabda Nirmala¹⁾, I Wayan Musktika²⁾ dan Selo Sulisty³⁾

^{1), 2), 3)} Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
Bulaksumur, Yogyakarta 55281

Email : sabda_s2te12@mail.ugm.ac.id¹⁾, wmustika@ugm.ac.id²⁾, selo@ugm.ac.id³⁾

Abstrak

Kebutuhan akses internet melalui jaringan seluler semakin meningkat beberapa tahun belakangan. Pengguna perangkat seluler yang memiliki kebutuhan tak terbatas terhadap informasi mendorong hal tersebut. Secara perlahan para operator telekomunikasi memberikan perhatian serius terhadap kebutuhan pengguna perangkat seluler ini sedangkan disisi lain spektrum semakin terbatas. Jaringan seluler macro-femto merupakan salah satu teknologi jaringan heterogenous yang menjanjikan mengatasi keterbatasan spektrum jaringan seluler. Paper ini mempelajari performa jaringan seluler makro-femto. Penelitian ini menggunakan transmisi downlink dan mekanisme close access. Skenario sistem model ini memperhitungkan pengaruh interferens jaringan seluler makro dan femto. Hasil simulasi menunjukkan meningkatnya nilai SINR dan throughput mempengaruhi performa jaringan

Kata kunci: Jaringan seluler makro, femto, heterogeneous, SINR, throughput.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Lima tahun terakhir, penggunaan perangkat mobile meningkat signifikan. Hal ini dipengaruhi oleh kebutuhan informasi yang tak terbatas. Pengguna setiap hari memanfaatkan perangkat mobile untuk menunjang berbagai aktifitas mereka. Data tidak lagi hanya digunakan antar korporat, tapi setiap individu membutuhkan data untuk konsumsi pribadi. Karena hal ini, Kebutuhan akses data mengalami peningkatan pesat.

Kebutuhan informasi menjadi perhatian serius bagi provider, terutama ketersediaan spektrum yang terbatas tetapi tetap mengutamakan kebutuhan pengguna. Jaringan seluler tidak mampu lagi bertahan dengan model teknologi tradisional, terpusat. Jaringan seluler membutuhkan model teknologi desentralisasi, yang mampu mengantisipasi terjadinya *blank-spot* di dalam ruangan rumah atau apartemen. Salah satu teknologi yang menjanjikan dan menjadi tren di masa mendatang untuk permasalahan ini adalah *heterogeneous network*.

Heterogeneous network merupakan teknologi komunikasi seluler yang terdiri atas seluler makro, seluler piko atau seluler femto serta radio base station [1,2]. Setiap bagian ini dibedakan berdasar kapasitas, area jangkauan serta daya pancar base station [3]. Jaringan seluler makro-femto merupakan salah satu teknologi yang membentuk jaringan heterogenous, jaringan ini difokuskan untuk meningkatkan reliabilitas jaringan seluler pengguna di dalam ruangan seperti rumah atau apartemen. Jaringan ini menggunakan berbagai sumber daya (seperti pesat data, throughput, spektrum atau *resource block* dan daya listrik) untuk meningkatkan performa jaringan [4,5,6].

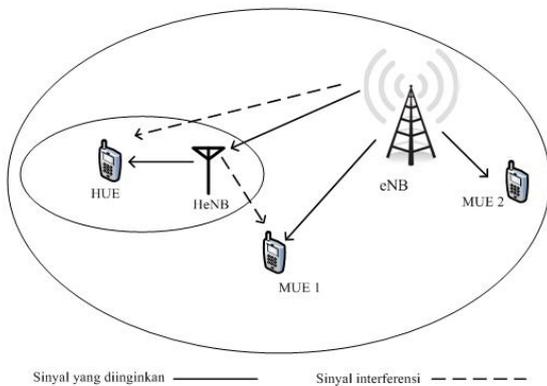
Jaringan seluler makro merupakan jaringan yang memiliki jangkauan dan daya pancar yang luas sehingga dapat menjangkau area yang besar. Jaringan seluler makro ini dikelola oleh operator telekomunikasi. Sedangkan femto merupakan *node* atau *base station* kecil dengan konsumsi daya rendah dan biaya murah, yang menggunakan spektrum jaringan seluler makro [7]. Femto *base station* merupakan perangkat *plug-and-play* dan *auto-configure* sehingga mudah dioperasikan secara langsung.

Pada Jaringan seluler femto, pengguna dapat mengakses jaringan dengan dua tipe akses yaitu tipe *close* dan *open access*. Tipe *close access* akan membatasi perangkat pengguna terkoneksi ke *base station* jaringan seluler femto, sedangkan Tipe *open access* mengijjinkan semua perangkat pengguna, baik *subscriber user* maupun *non-subscriber user* untuk terkoneksi dengan *base station* jaringan seluler femto [8,9].

Interferensi yang terjadi pada jaringan seluler makro-femto adalah interferensi *cross-tier* dan *co-tier*. Interferensi *cross-tier* merupakan interferensi yang terjadi antara jaringan seluler makro dan femto atau sebaliknya sedangkan interferensi *co-tier* terjadi antara jaringan seluler femto yang berdekatan.

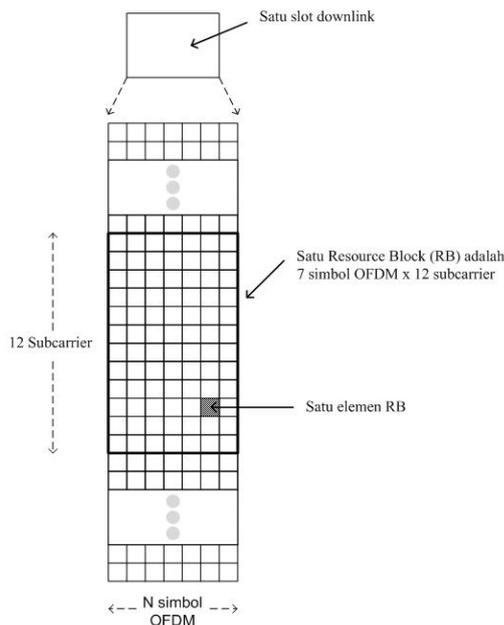
Gambar 1 menunjukkan topologi jaringan makro-femto transmisi *downlink*. Setiap base station mengirimkan sinyal kepada masing-masing *User Equipment* (UE). *Macro base station* atau disebut juga eNB akan melayani *user* makro (MUE) dan *femto base station* (HeNB). HeNB sendiri bertugas untuk melayani *user* femto (HUE). HeNB atau eNB menyebabkan interferensi *cross-tier* dan *co-tier*. Pada gambar 1, terjadi interferensi *co-tier*

yaitu eNB menginterferensi sinyal HeNB yang melayani HUE dan juga HeNB menginterferensi sinyal eNB yang melayani MUE. Selain itu, terjadi interferensi *co-tier* yaitu sinyal HeNB menginterferensi HeNB lain yang berada didekatnya.



Gambar 1. Topologi jaringan seluler makro-femto transmisi downlink

Resource block digunakan pada teknologi LTE, dibagi menjadi domain waktu dan domain frekuensi. Pada transmisi downlink menggunakan skema OFDM digunakan domain frekuensi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada jaringan seluler menjelaskan bahwa *resource block* merupakan *sub-band* dari sistem *bandwidth*. RB merupakan unit alokasi terkecil yang merupakan bagian frekuensi pada sistem *bandwidth* yang dialokasikan untuk UE [10]. Gambar 2 menunjukkan arsitektur *resource block*. Gambar ini menunjukkan perspektif RB berdasar domain waktu dan frekuensi. Satu slot downlink (T_{slot}) merupakan kumpulan RB yang digunakan sebagai *resource* untuk transmisi data, satu slot T_{slot} sama dengan 0,5 ms dalam domain waktu. Setiap 0,5 ms berisi 6 sampai 110 RB [11].



Gambar 2. Arsitektur Resource Block

Satu RB merupakan 0.5 ms dan berisi 12 *subcarrier* untuk setiap simbol OFDM dalam domain frekuensi. Satu RB mengandung beberapa jumlah elemen RB. Satu elemen RB sama dengan 1 *subcarrier* untuk setiap 1 simbol OFDM. Setiap base station eNB mengatur inisiasi *resource block* yang akan dialokasikan untuk MUE dan HeNB.

Tinjauan Pustaka

Penelitian terkait telah dilakukan beberapa tahun belakangan ini. Karena jaringan ini dipercaya oleh peneliti sebagai teknologi masa mendatang dalam jaringan seluler. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, terdapat penelitian yang membahas jaringan heterogeneous yang bersifat transmisi downlink dan analisa yang dilakukan mencakup SINR jaringan heterogeneous [12]. Selain itu, terdapat penelitian yang menganalisa performa jaringan ini dengan sistem transmisi downlink dengan menggunakan dua tipe akses yaitu *open* dan *close* [13].

Paper ini membahas pembelajaran awal alokasi *resource block* pada jaringan makro-femto transmisi downlink dengan pembagian *resource block* secara acak antara perangkat *subscriber user* dan *non-subscriber user*. Bab II menjelaskan pemodelan sistem simulasi jaringan makro-femto. Bagian Bab III memaparkan perumusan perhitungan throughput. Bab IV menganalisis performa jaringan dari hasil perhitungan throughput yang diperoleh. Bagian terakhir, Bab V merupakan bagian kesimpulan.

2. Pembahasan

Pemodelan Sistem

Jaringan makro-femto dalam paper ini terdiri atas eNB, MUE, HeNB dan HUE. Terminologi jaringan *heterogeneous* ini berdasarkan standarisasi 3GPP LTE [14]. eNB berfungsi sebagai pemancar spektrum yang terdiri 50 RB dan HeNB memanfaatkan kembali RB tersebut untuk melayani HUE.

Jaringan seluler makro menggunakan sebuah eNB yang memiliki antenna *three-sector*, dimana jaringan ini terbagi menjadi 3 sektor. Pada setiap sektor terdapat sejumlah MUE. Sel femto tersebar di setiap sektor jaringan makro. Sistem model ini, memiliki 25 apartemen satu lantai yang terdapat didalam model 5 x 5 *grid model*. Setiap apartemen memiliki dimensi luas 10 x 10 m. MUE tersebar secara acak di setiap jaringan makro dan terkoneksi dengan eNB. MUE terletak di dalam ataupun diluar ruangan apartemen. HUE tersebar secara acak didalam ruangan apartemen. Setiap sector heksagonal terdiri atas HeNB dan masing-masing HeNB terdiri atas beberapa HUE.

Sistem ini menggunakan sejumlah W bandwidth yang terbagi kedalam k RB. Setiap RB terdiri atas beberapa resource element yang dialokasikan untuk perangkat pengguna (UE).

Rancangan pemodelan sistem yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3. Gambar 3 menunjukkan eNB

dengan simbol segitiga. Lingkaran merupakan *user* makro (MUE) yang terdapat di setiap sektor. Bujur sangkar merupakan HeNB dan gambar berbentuk belah ketupat merupakan HUE.

Perumusan SINR dan Throughput Jaringan Seluler Makro-Femto

A. Signal to Interference Plus Noise Ratio (SINR)

SINR merupakan rasio perbandingan antara signal terhadap interferensi dan *noise* suatu RB atau spektrum. Dalam studi ini, kumpulan *base station* ditunjukkan oleh N yang terdiri atas setiap *base station* yang melakukan transmisi sinyal kepada UE, dimana $i, j \in N$. Kumpulan *base station* ini merupakan eNB dan HeNB yang berada dalam jaringan seluler makro. setiap *base station* memiliki sekumpulan *resource block* yang digunakan untuk pengiriman, misalnya *base station* i memiliki resource block r_i . Setiap r_i akan terdiri atas elemen RB, $r_i = (k_i^{(0)}, k_i^{(1)}, k_i^{(h)}, \dots, k_i^{(H-1)})$ yang merupakan subset RB yang digunakan oleh *base station* i . $k_i^{(H-1)}$ merupakan elemen subset RB ke $H - 1$ yang digunakan oleh *base station* dan H merupakan jumlah RB yang dipilih untuk pengiriman. Nilai SINR ini berupa nilai SINR setiap RB *base station* i jaringan seluler makro-femto. Formula SINR dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

$$\gamma_{k_i}^{bm} = \frac{(G_{k_i}^{bm} \times P_{bm})(A_{k_i}^{bm} \times g_{bm})}{(\sum I_{k_i}^{bm}) + N} \quad \dots(1)$$

SINR dilambangkan dengan $\gamma_{k_i}^{bm}$ merupakan nilai SINR jaringan makro elemen *resource block* k_i . Sedangkan $G_{k_i}^{bm}$ merupakan gain eNB *resource block* k_i . P_{bm} merupakan *transmit power* eNB. $A_{k_i}^{bm}$ merupakan *attenuation antenna* antara eNB dengan *base station* i pada *resource block* k_i . g_{bm} merupakan nilai gain antenna *macro base station*. Selanjutnya, nilai interferensi merupakan jumlah interferensi yang disebabkan penggunaan RB yang sama oleh MUE lainnya dan HUE. Berikut penjabaran rumusan interferensi yang digunakan dalam study ini:

$$\sum I_{k_i}^{bm} = I_{Mj} + I_H \quad \dots(2)$$

I_{Mj} merupakan interferensi yang terjadi pada element RB $k_i^{(h)}$ *base station* i disebabkan oleh *base station* j yang menggunakan element RB yang sama untuk UE tertentu. Sedangkan untuk I_H merupakan interferensi yang disebabkan oleh HUE karena menggunakan RB $k_i^{(h)}$ yang sama. Jumlah interferensi yang terjadi $\sum I_{k_i}^{bm}$ merupakan akumulasi interferensi RB $k_i^{(h)}$ yang disebabkan penggunaan $k_i^{(h)}$ oleh MUE selain *base station* i dan HUE di sektor yang sama. Sehingga interferensi co-tier dan cross-tier terjadi. Interferensi *co-tier* merupakan interferensi yang disebabkan jaringan seluler makro, dalam hal ini adalah I_{Mj} . Interferensi *cross-tier* merupakan

interferensi yang disebabkan oleh jaringan seluler femto kepada jaringan seluler makro, dalam hal ini adalah I_H . Selanjutnya N merupakan *noise* yang mempengaruhi SINR.

B. Throughput

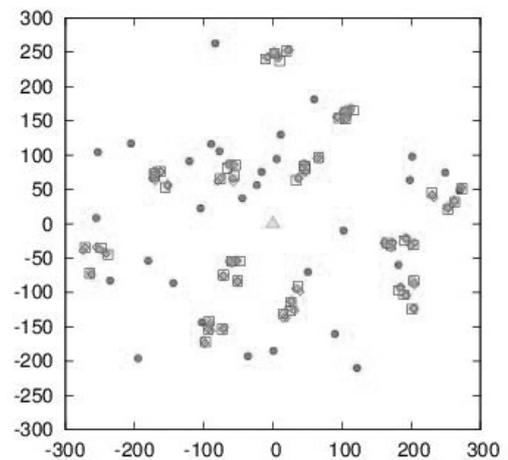
Throughput merupakan penghitungan kecepatan pengiriman data melalui suatu spektrum atau kanal dalam sejumlah waktu. Rumus throughput yang digunakan dapat dilihat di persamaan (3).

$$Throughput_i = \sum_{h=0}^{H-1} BW_{ch} \times \log_2(1 + \gamma_{k_i}^{bm}) \dots(3)$$

Throughput dalam penelitian ini menghitung nilai *throughput* jaringan seluler makro setiap RB. *Throughput* ini merupakan *throughput* total semua element RB *user* i . BW_{ch} merupakan *bandwidth resource block* yang dialokasikan dalam spektrum tersebut. $\gamma_{k_i}^{bm}$ merupakan nilai SINR di setiap elemen RB $k_i^{(h)}$ *user* i .

Model Simulasi

Model Simulasi ditunjukkan oleh gambar 3 yang terdiri atas eNB, HeNB, MUE dan HUE dengan mekanisme *close access*. HeNB akan menyebabkan interferensi terhadap jaringan seluler makro. Dalam model simulasi ini ditentukan bahwa MUE selalu terkoneksi dengan eNB, walau berada di dalam ruangan. HeNB selalu aktif untuk memberikan layanan jaringan kepada HUE. eNB memiliki total 50 RB tiap sektor. Sedangkan terdapat sebanyak 10 MUE tiap sektor, sehingga eNB mengalokasikan 5 RB untuk setiap MUE. RB ini dipilih secara acak saat awal *assignment*. Sedangkan HeNB menggunakan kembali RB yang disediakan oleh eNB, dan mengalokasikan maksimal 5 RB.



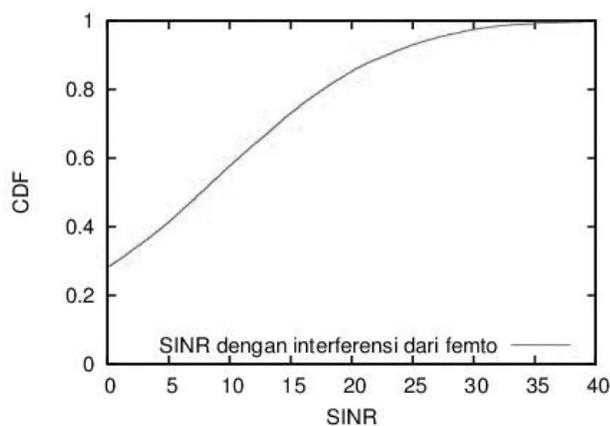
Gambar 3. Model Simulasi sistem jaringan seluler makro-femto

Pada gambar 3 ditunjukkan setiap sektor memiliki 4 buah apartemen, dengan masing-masing sektor terdapat 4 HeNB. Setiap HeNB melayani 3 HUE. Simbol Segitiga merupakan eNB, terdapat 1 buah eNB yang digunakan,

Simbol lingkaran yang tersebar secara acak merupakan MUE yang berada di setiap sektor. Kotak kecil yang tersebar merupakan HeNB dan didalamnya terdapat belah ketupat yang merupakan HUE.

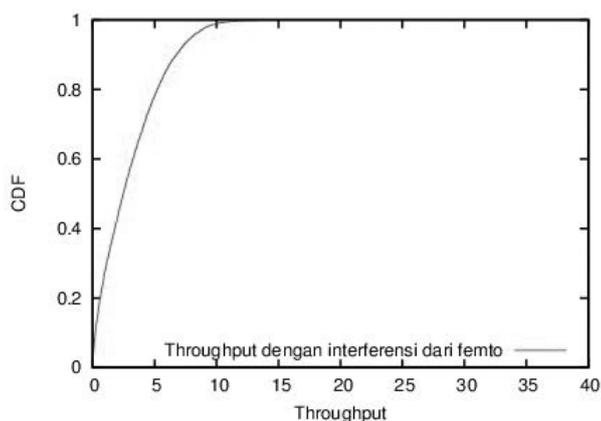
Hasil Simulasi

Simulasi ini menggunakan skenario dengan jumlah 16 HeNB, 10 MUE dan 48 HUE di setiap sektor. Hasil simulasi ditunjukkan oleh gambar 4 dan 5. Hasil simulasi ini memperhitungkan adanya pengaruh interferensi dari *base station* HeNB. Interferensi ini mempengaruhi performa jaringan secara keseluruhan. Grafik CDF terhadap SINR jaringan seluler makro-femto dalam gambar 4 menunjukkan performa jaringan. Semakin besar nilai SINR menunjukkan nilai CDF yang semakin besar. Meningkatnya nilai CDF ini mengindikasikan kemungkinan *user* berhasil transmisi data semakin rendah.



Gambar 4. Grafik CDF - SINR Jaringan Seluler Makro-Femto

Gambar 5 merupakan grafik CDF terhadap *throughput* dalam jaringan seluler makro-femto. Nilai *throughput* semakin meningkat seperti terlihat dalam gambar 5. Semakin tinggi nilai *throughput*, nilai CDF juga semakin meningkat. Pada nilai *throughput* 10 menunjukkan nilai



Gambar 5. Grafik CDF-Throughput Jaringan Seluler Makro-Femto

CDF mendekati 1. Ini menunjukkan kegagalan *user* untuk melakukan transmisi data. Pada nilai *throughput* 10 *user* sudah tidak bisa melakukan transmisi data.

3. Kesimpulan

Studi ini menyajikan pembelajaran alokasi *resource block* secara acak dalam jaringan seluler makro-femto. Jaringan menggunakan RB yang dialokasikan untuk setiap UE. Hasil simulasi menunjukkan interferensi RB yang digunakan oleh jaringan seluler femto mempengaruhi performa jaringan seluler makro. Nilai SINR yang semakin besar menunjukkan menurunnya CDF yang berarti *user* mengalami penurunan keberhasilan dalam transmisi data. Grafik CDF terhadap *throughput* menunjukkan saat nilai *throughput* mencapai 10, sebuah UE gagal melakukan transmisi data. Penelitian selanjutnya yaitu mengembangkan penelitian jaringan seluler makro-femto ini dengan menggunakan pendekatan teori permainan yang bertujuan untuk meningkatkan performa jaringan.

Daftar Pustaka

- [1] A. Damnjanovic and et al., "A survey on 3GPP heterogeneous networks," IEEE Wireless Commun. Mag., vol. 18, no. 3, pp. 10–21, Jun. 2011.
- [2] A. Ghosh, N. Mangalvedhe, R. Ratasuk, B. Mondal, M. Cudak, E. Visotsky, T.A. Thomas, J.G. Andrews, P. Xia, H.S. Jo, H. Dhillon, and T.D. Novlan, "Heterogeneous cellular networks: From theory to practice," IEEE Commun. Mag., vol. 50, no. 6, pp. 54–64, Jun. 2012.
- [3] D.L'opez-P'erez, I. Guvenc, G. de la Roche, M. Kountouris, T. Q. S. Quek, and J. Zhang, "Enhanced intercell interference coordination challenges in heterogeneous networks," IEEE Wireless Commun. Mag., vol. 18, no. 3, pp. 22–30, Jun. 2011.
- [4] I. W. Mustika, K. Yamamoto, H. Murata, and S. Yoshida, "Potential game approach for self-organized interference management in closed access femtocell networks," Proc. IEEE VTC '11-Spring, accepted for publication.
- [5] N. Nie and C. Comaniciu, "Adaptive channel allocation spectrum etiquette for cognitive radio networks," presented at the Proc. Symp. New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks (IEEE by DySPAN), Nov. 2005.
- [6] Y., Bai, J., Zhou, L., Liu, L., Chen, H. Otsuka, "Resource coordination and interference mitigation between Macrocell and Femtocell," Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, IEEE 20th symposium, Tokyo, Sept. 2009.
- [7] G. Gur, S. Bayhan, and F. Alagoz, "Cognitive femtocell networks: an overlay architecture for localized dynamic spectrum access [dynamic spectrum management], " Wireless Communications, IEEE, vol. 17, no. 4, pp. 62–70, august 2010
- [8] V. Chandrasakher, J. Andrews, and A. Gatherer, "Femtocell Networks; A Survey". IEEE Communications Magazine, June, 2008. J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73
- [9] L. Li, C. Xu, and M. Tao, "Resource Allocation in Open Access OFDMA Femtocell Networks," Wireless Communications Letters, IEEE vol. 1, pp. 625-628, Dec. 2012
- [10] Onggosanusi Eko, Varadarajaan Badri, and Anand G. Dabak, "Pre-Coder Selection Based on Resource Block Grouping", InterDigital Communication Corp., Mar. 2007.
- [11] J. Zyren, "Overview of 3GPP Long Term Evolution Physical Layer," freescale semiconductor 2007.
- [12] S. Mukherjee, "Distribution of downlink SINR in heterogeneous cellular networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 30, no. 3, pp. 575–585, Apr. 2012.
- [13] P. Madhusudhanan, J.G. Restrepo, Y. Liu and T.X. Brown, "Downlink Analysis for a Heterogeneous Cellular Network," Modeling and Optimization in Mobile, Ad-Hoc, and Wireless Networks (WiOpt), 12th International Symposium, 2014.

- [14] 3GPP TR 36.814 v9.0.0, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Further advancement of E-UTRA physical layer aspects (Release 9)," Mar. 2010.

Biodata Penulis

Bagus Made Sabda Nirmala, memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si), Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, lulus tahun 2010. Saat ini sedang melanjutkan studi Magister Teknologi Informasi (MTI) Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

I Wayan Mustika, memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T), Jurusan Teknik Elektro, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, lulus tahun 2005. Memperoleh gelar Master of Engineering (M.Eng), Department of Computer Engineering, KMITL, Thailand, lulus tahun 2008. Memperoleh gelar Doctor of Informatics (Dr.), Department of Communications and Computer Engineering, Kyoto University, Jepang, lulus tahun 2011.

Selo Sulisty, memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, lulus tahun 1996. Memperoleh gelar Master of Engineering (M.Eng), Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, lulus tahun 2000. Memperoleh gelar Master of Science (M.Sc), Agder University College, Norwegia, lulus tahun 2003. Memperoleh gelar PhD, University of Adger, Norwegia, lulus tahun 2012.

