

Overload Indicator Pada Uplink Power Control LTE Femtocell

Hajiar Yuliana

Program Studi Teknik Elektro
Universitas Jenderal Achmad Yani (UNJANI)
Jalan Terusan Jend. Sudirman PO.BOX 148 Cimahi 40531
e-mail : hajiar.yuliana@lecture.unjani.ac.id

Abstract

Long Term Evolution (LTE) technology brings a new feature called femtocells also called Enhanced Home NodeB (HeNB) which can improve indoor coverage area. On the other side, the HeNB cause interference, uplink and downlink interference. Uplink interference occurs between the user HeNB (HUE) and user eNB (MUE) and fellow HUE. This interference cause degrades system performance, especially in terms of Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR). In this paper, we will use power control method for uplink management. Power control use to control user transmission power interferer, so the power of interference in the HeNB and eNB can reduce and the value of SINR will improve. In this study, we perform uplink power control based on an algorithm Overload Indicator, and with this algorithm, it expected to optimize performance and reduce interference

Keywords : LTE, Femtocell, power control, overload indicator

Abstrak

Teknologi LTE-Advanced menghadirkan fitur baru bernama femtocell atau disebut juga *Home Enhanced NodeB* (HeNB) yang dapat meningkatkan area cakupan indoor. Di lain sisi HeNB menimbulkan interferensi baik *uplink* maupun *downlink*. Interferensi *uplink* terjadi antara *user* HeNB (HUE) dan *user* eNB (MUE) maupun sesama HUE. Interferensi ini mendegradasi kinerja sistem terutama dari sisi *Signal to Interference plus Noise Ratio* (SINR). Pada penelitian ini, dilakukan manajemen interferensi di sisi *uplink* dengan menggunakan metode *power control*. *Power control* mengatur daya pancar *user* penginterferensi sehingga daya interferensi pada sisi HeNB dan eNB berkurang dan nilai SINR akan membaik. *Uplink power control* yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan algoritma *Overload Indicator*, dan diharapkan dapat mengoptimalkan kinerja dan mengurangi interferensi.

Kata kunci : LTE, Femtocell, power control, overload indicator

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi seluler bergerak saat ini telah mencapai generasi keempat yang dikenal dengan teknologi *Long Term Evolution-Advanced* (LTE-A) yang merupakan penyempurnaan dari teknologi LTE. LTE-A memiliki beberapa kelebihan dari LTE yakni dalam hal efisiensi spektral dan kecepatan data. Dengan keunggulan tersebut maka teknologi ini dapat memberikan pelayanan yang lebih baik kepada pelanggan. Dalam teknologi ini terdapat fitur yang terintegrasi ke jaringan LTE-A. Fitur ini disebut dengan femtocell atau *Home Enhanced NodeB* (HeNB). HeNB merupakan *base station* dengan daya rendah yang diinstal pada sisi *user* dan diletakkan di dalam ruangan. HeNB dirancang untuk melayani beberapa *user* saja.

Penerapan HeNB dalam teknologi LTE-A memiliki keuntungan baik bagi *user* maupun *operator*. Keuntungan tersebut yakni dalam hal

pencapaian kualitas sinyal yang baik serta memperbaiki *throughput indoor*. Dari segi *operator*, HeNB dapat meningkatkan penggunaan frekuensi *reuse* serta menyediakan kapasitas jaringan dan efisiensi spektral yang tinggi (1).

Di lain sisi HeNB memberikan efek berupa interferensi. Interferensi dapat terjadi secara *uplink* maupun *downlink* yang menyebabkan penurunan performa sistem radio seluler. Interferensi *uplink* sistem komunikasi LTE-A dengan femtocell dapat terjadi antara sesama *user* HeNB (HUE) atau antara HUE dan *user* eNB (MUE). Khusus pada penelitian kali ini, pengamatan hanya dilakukan pada sisi *uplink*.

Penelitian dan pengembangan manajemen interferensi pada teknologi LTE telah banyak dilakukan oleh beberapa penelitian sebelumnya. Penelitian yang kami lakukan saat ini, merupakan pengembangan penelitian [5] dan [6], dimana pengamatan yang dilakukan kali ini lebih luas.

Jika sebelumnya, algoritma yang digunakan pada penelitiannya [5] hanya digunakan pada kondisi interferensi LTE untuk kondisi jaringan yang homogen, sedangkan pada penelitian kali ini algoritma tersebut digunakan untuk kondisi jaringan yang heterogen, yaitu dengan adanya kemunculan femtocell.

Salah satu teknik manajemen interferensi yang dapat diterapkan pada sistem LTE-A adalah *power control*. Efektifitas teknik *power control* dapat dilihat melalui kinerja sistem LTE-A yang diukur dari beberapa parameter antara lain SINR, *throughput*, dan *Bit Error Rate (BER)*.

Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi dengan membandingkan kondisi ideal tanpa interferensi (*fixed P0*) dengan kondisi interferensi yang dioptimalkan dengan algoritma *overload indicator*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan menggunakan algoritma tersebut, walau suatu *cell* berada pada kondisi interferensi tetapi parameter *cell* tersebut tetap dapat seoptimal saat kondisi ideal (tanpa interferensi). Dari sisi *throughput*, *coverage* dan SINR dari sel-sel yang mengalami interferensi, mengalami peningkatan hingga bisa optimal mendekati kondisi ideal. Akan tetapi penelitian hanya terbatas pada level interferensi yang kurang dari 5% dan hanya untuk kondisi jaringan yang homogen.

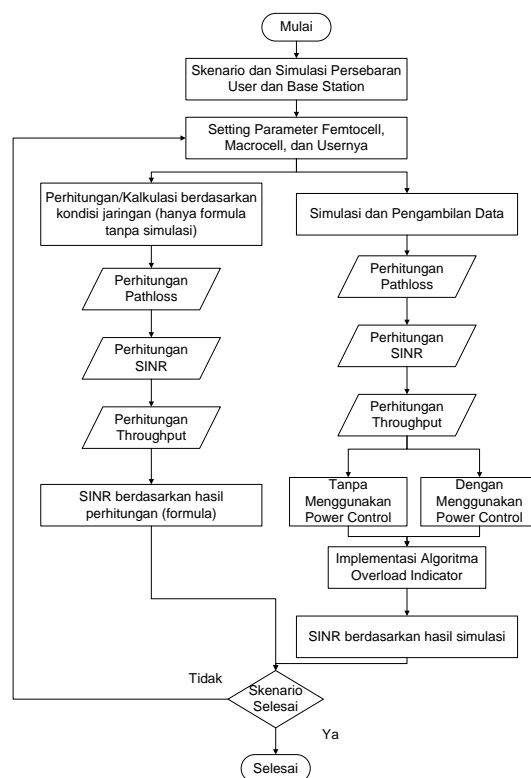
II. METODE

A. Pemodelan Sistem Simulasi

Sistem *wireless* LTE adalah sistem komunikasi *wireless* yang mengakomodasi mobilitas (*kecepatan user*). Daerah cakupan yang menggunakan *macrocell* terlalu luas untuk melayani *user* dengan kecepatan yang tinggi, sehingga diperlukan daerah cakupan yang lebih kecil agar *user* dengan kecepatan tinggi tetap terlayani dengan baik. Tetapi jika menggunakan 2 daerah cakupan yang berbeda, akan berakibat terjadi interferensi antara *femtocell* dan *macrocell*. Untuk menanggulangi interferensi yang terjadi dapat menggunakan teknik *power control* agar interferensi dapat dikurangi.

Gambar 1 merupakan prosedur skenario untuk proses pemodelan simulasi yang akan dilakukan pada penelitian ini. Dimana simulasi dilakukan terhadap dua kondisi yaitu kondisi sistem tanpa menggunakan *power control* dan kondisi sistem dengan menggunakan *power control*. Kondisi

simulasi tersebut, nantinya akan dibandingkan dengan kondisi berdasarkan hasil perhitungan. Hasil perhitungan ini merupakan penggambaran kondisi jaringan tanpa memperhitungkan kondisi jarak tiap sel dan jarak terhadap eNodeB yang bisa berubah.



Gambar 1. Prosedur *scenario* untuk proses pemodelan simulasi

B. Pemodelan Konfigurasi Sistem Jaringan

Pemodelan ini terkait mengenai bentuk dan desain jaringan yang akan dibuat, serta komponen yang diperlukan untuk menjadi bagian dari pemodelan sistem ini.

Pemodelan jaringan terdiri dari satu sel lingkaran dengan 1 eNodeB. Di dalam cakupan atau *coverage cell* dari eNodeB tersebut yang diasumsikan memiliki radius sekitar 1 sampai 1.5 kilometer, terdapat *user macro* yang terdistribusi secara acak, 1 hingga 2 sel femto yang juga terdistribusi acak. Didalam setiap sel femto dengan terdapat *user femto* yang terdistribusi acak.

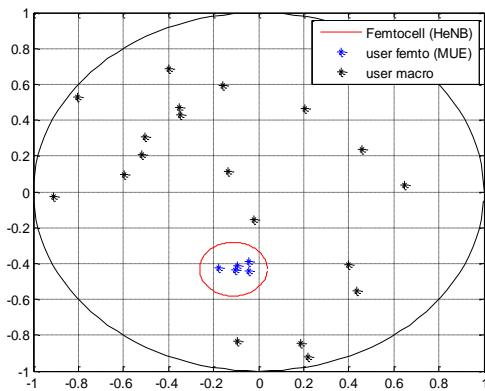
Gambar 2 merupakan contoh penggambaran pemodelan jaringan yang akan disimulasikan. Pemodelan jaringan tersebut bersifat random, jadi setiap kali melakukan proses *running* simulasi maka persebaran dan distribusi dari

Overload Indicator Pada Uplink Power Control LTE Femtocell (Hajiar Yuliana : 17 - 22)

sistem konfigurasi jaringan tersebut akan berbeda dengan sebelumnya.

TABEL 1. PEMODELAN SISTEM SIMULASI

Parameter	Asumsi
Cellular layout of Macrocell	Circular
Jumlah Macrocell	1
Jumlah Femtocell	1
Jumlah User Macrocell	20
Jumlah User / Femtocell	5 (User Total = 5)
Radius Macrocell	1 km
Radius Femtocell	150 m
Penetration Loss Indoor	11 dB (L _{ow})



Gambar 2. Contoh penggambaran pemodelan jaringan.

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 1 terdapat tahap simulasi. Tahap simulasi tersebut diawali dengan pembangkitan *user* dan *base station* (nodeB) secara acak. Setelah *user* dibangkitkan dilakukan proses perhitungan jarak antara *user* dengan *base station* dengan menggunakan persamaan (1). Perhitungan jarak tersebut dilakukan berdasarkan letak koordinat *user* dan *base station* terhadap sumbu x dan sumbu y dari pemodelan, dan perhitungan dilakukan untuk semua kemungkinan *user* deterhadap sel yang ada disekitarnya, baik itu *macrocell* maupun *femtocell*.

$$\text{Jarak (m)} = \sqrt{(BS_{sbx} - user_{sbx})^2 + (BS_{sby} - user_{sby})^2} \quad (1)$$

Dimana $[[BS]]_{sbx}$ dan $[[BS]]_{sby}$ menunjukkan koordinat dari titik pusat base station, baik untuk eNodeB maupun HeNB. Untuk eNodeB berdasarkan pemodelan, letak koordinat pusatnya berada di titik (0,0). Sedangkan, $[[user]]_{sbx}$ dan $[[user]]_{sby}$ menunjukkan koordinat dari *user* itu berada. Perhitungan jarak tersebut nantinya akan digunakan untuk membantu pada perhitungan *pathloss*, yang selanjutnya akan dihitung nilai

daya yang diterima di penerima (*base station*) berdasarkan jumlah *user* yang ada dan skenario yang dimodelkan. Jumlah *user* menjadi variabel yang dianalisis untuk melihat *level* yang diterima di sisi penerima pada komunikasi *uplink* dan melihat nilai SiNR yang dihasil untuk tiap skenario yang akan dimodelkan.

C. Pemodelan Interferensi

Pemodelan interferensi yang akan dilakukan pada penelitian ini dilakukan dalam dua skenario interferensi yang terjadi pada sisi *uplink*. Skenario interferensi tersebut dijadikan acuan berdasarkan referensi standar 3GPP release 10 [3].

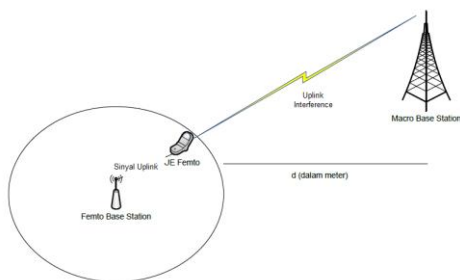
Skenario interferensi yang dipakai pada penelitian hanya dilakukan pada sisi *uplink*, yaitu dimana *user* menjadi sumber penginterferensi yang memberikan efek interferensi pada NodeB atau *base station*.

TABEL 2. SKENARIO INTERFERENSI

Skenario Interferensi	Interferer	Interfered	State
1	Femto User (HUE)	Makrosel (eNodeB)	Uplink
2	Macro User (MUE)	Femtosel (HeNB)	Uplink

a) Skenario 1

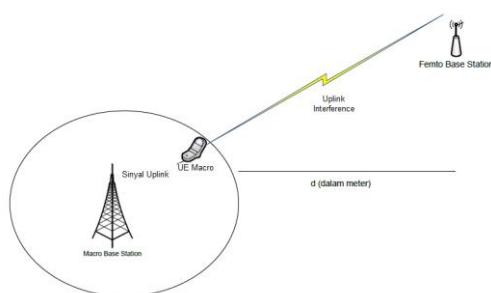
Skenario 1, merupakan skenario interferensi pada sisi *uplink* yang terjadi antara *user* yang di-cover oleh femtosel (HUE) dan makrosel atau makro *base station* (eNodeB). Keberadaan HUE menjadikannya sebagai penyebab interferensi pada eNodeB. Pada skenario ini, HUE terletak sejauh d km dari eNodeB dan dalam cakupan Femto BS (HeNB), dengan beberapa jumlah HUE yang ada pada coverage tersebut. Jumlah HUE dalam simulasi nantinya bernilai variabel, sehingga dapat diuji pengaruh banyaknya *user* femtosel atau HUE terhadap performansi makrosel (eNodeB) dan *improvement* performansi jaringan dengan menggunakan *power control* dan algoritma *overload indicator*.



Gambar 3. Interferensi Uplink UE Femto dengan Macro BS

b) Skenario 2

Skenario 2, merupakan skenario interferensi pada sisi *uplink* yang terjadi antara *user* yang di-*cover* oleh *macrocell* (MUE) dan femto base station (HeNB). Keberadaan MUE menjadikannya sebagai penyebab interferensi pada HeNB. Pada skenario ini, MUE terletak sejauh *d* km dari Femto BS dan dalam cakupan Macro BS (eNodeB), dengan beberapa jumlah MUE yang ada pada *coverage* tersebut. Jumlah MUE dalam simulasi nantinya bernilai variabel, sehingga dapat diuji pengaruh banyaknya *user macrocell* atau MUE terhadap performansi Femto BS (HeNB)



Gambar 4 Interferensi Uplink UE Macro dengan Femto BS

D. Pemodelan Path Loss

Perhitungan propagasi dibedakan menjadi dua model yaitu model propagasi *outdoor* dan model propagasi *indoor*. Model propagasi *outdoor*, terutama digunakan untuk prediksi redaman propagasi dari makrosel. Sedangkan model propagasi *indoor* digunakan untuk prediksi redaman propagasi *Femtocell*. Pemodelan *pathloss* yang digunakan pada penelitian ini, dilakukan berdasarkan pemodelan dari 3GPP [9].

a) Model propagasi outdoor

Model propagasi yang digunakan dalam jaringan *outdoor* menggunakan pemodelan Okumura-Hata. Berikut ini adalah rumus propagasi yang digunakan:

$$PL_{outdoor} (dB) = 69.55 + 26.16 \log_{10}(f) + 44.9 - 6.55 \log_{10}(h) \log_{10}(d) - 13.82 \log_{10}(h_{BS}) \quad (2)$$

Dimana:

f = frekuensi kerja yang dipakai (MHz)

h = ketinggian *user* rata-rata (m)

h_{BS} = tinggi *base station* (m)

d = jarak dari *user* ke *base station* (km)

b) Model propagasi indoor

Model propagasi yang digunakan dalam jaringan femto dapat menggunakan model propagasi *indoor*. Berikut ini adalah rumus propagasi yang digunakan [9]:

$$PL_{indoor} = 137.74 + PL_{gain} \log_{10}(\text{distance}) [dB] + (0.7 * \text{distance}) + L_{ow} \quad (3)$$

Dimana, *PL_{gain}* mempunyai nilai sebesar 30, *Distance* (m) adalah jarak antara titik pusat sel ke *user* (m), dan *L_{ow}* (dB) adalah penetrasi *loss* di *indoor* yang disebabkan oleh dinding di dalam ruangan *indoor*. Besarnya *wall penetration*, ditentukan berdasarkan tipe bahan bangunan yang dipakai dan frekuensi yang digunakan. Besarnya *L_{ow}* yang digunakan pada penelitian ini adalah 15dB.

III. HASIL DAN DISKUSI

Analisis dilakukan terhadap dua skenario interferensi yang sudah dibahas pada bab sebelumnya. Hasil yang diamati adalah nilai SINR yang didapat pada sistem jaringan tersebut untuk setiap skenario yang disimulasikan. Pengamatan untuk skenario tersebut dilakukan dengan tiga cara, yaitu dengan hasil perhitungan (kalkulasi), hasil simulasi tanpa menggunakan algoritma *power control*, dan hasil simulasi dengan menggunakan *power control*.

A. Hasil Analisis Skenario 1

Pada skenario interferensi pertama ini, pengamatan dilakukan terhadap Macro BS (eNodeB) yang terinterferensi oleh *user* Femto (HUE). Jumlah *user* femto dijadikan variabel untuk mengukur nilai SINR di sistem tersebut. Pada penelitian ini digunakan *sample* sebanyak 5 *user* femto, dan diamati disisi Makro BS.

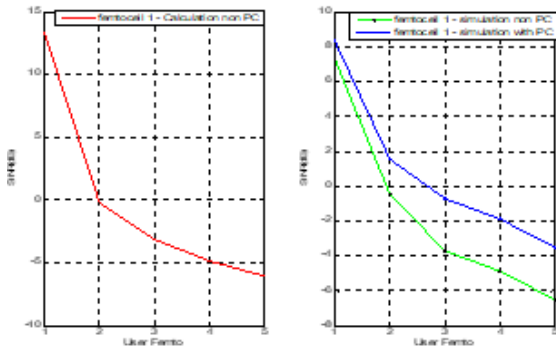
Hasil dari simulasi *scenario 1* digambarkan pada Gambar 5. Gambar 5 menunjukkan distribusi nilai SINR untuk setiap metode pengukuran dengan variabel jumlah *user* femto. Grafik dengan garis merah menunjukkan hasil ideal yang berasal dari perhitungan berdasarkan formula SINR dari persamaan 4 dan tanpa

Overload Indicator Pada Uplink Power Control LTE Femtocell
(Hajiar Yuliana : 17 - 22)

memperhitungkan jarak antara *user* dan *base station*.

$$SINR_{eNB}(1) = \frac{\frac{P_t(MUE)}{PL(eNB)} |G_{eNB}|}{\sum_{n=1}^1 \frac{P_t(HUE)n}{PL(eNB)} |G_{eNB}| + N_o} \quad (4)$$

Garis hijau pada gambar 5 menunjukkan distribusi nilai SINR berdasarkan hasil simulasi tanpa menggunakan *power control*, dan garis biru menunjukkan distribusi nilai SINR berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan *power control* dan algoritma *overload indicator*.



Gambar 5. Nilai SINR Skenario 1.

Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan tersebut menunjukkan penggunaan *power control* dan algoritma indikator *overload* dapat memperbaiki nilai SINR untuk kondisi skenario interferensi pertama dimana kondisi SINR berdasarkan hasil simulasi mengalami peningkatan sebesar sekitar 1 dB sampai 3 dB, khususnya pada *user* yang jauh lebih banyak. Hal ini disebabkan karena terdapat penurunan daya pada *user* yang menyebabkan interferensi yang diatur oleh *power control*. Daya interferensi yang disebabkan oleh *user* pengganggu, memunculkan nilai *level* interferensi yang mempengaruhi *cluster* atau *resource block* di sistem tersebut. Jika ternyata *level* interferensi dari *user-user* tersebut melebihi dari batas indikator *overload*-nya, maka setiap *user* akan memberikan nilai *overload* untuk setiap periode *time scheduling* yang nantinya akan menjadi indikasi untuk dilakukan pengaturan daya pada *user*. Nilai OI dari setiap *user* yang didapat tersebut kemudian dikumpulkan dan dibuatkan dalam bentuk faktor rasio (R). Jika faktor rasionya melebihi atau sama dengan $r_{threshold}$ -nya maka nilai P_{UL} akan dilakukan *step* untuk mengurangi daya jika kondisi aman atau stabil atau akan dilakukan *step* untuk menaikkan daya jika kondisi tidak stabil. Hal tersebut dilakukan dengan ketentuan $P_{UL} < P_{max}$. Nilai P_{UL} ini yang nantinya dimasukkan dalam persamaan uplink *power control* sebagai nilai P_0 , sehingga didapatkan

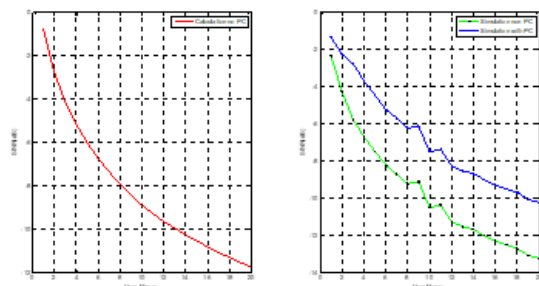
daya yang ditransmitkan oleh *user* agar bisa mengurangi interferensi.

B. Hasil Analisis Skenario 2

Untuk skenario interferensi yang kedua, pengamatan dilakukan terhadap Femto BS (HeNB) yang terinterferensi oleh *user Macro* (UE). Seperti halnya, dengan skenario sebelumnya jumlah *user macro* dijadikan variabel untuk mengukur nilai SINR di sistem tersebut. Pada penelitian ini digunakan *sample* sebanyak 20 *user macro*, dan diamati disisi femto BS. Gambar 7 menunjukkan hasil yang didapatkan untuk simulasi berdasarkan pemodelan dengan *scenario 2*. Gambar 7 menunjukkan distribusi nilai SINR untuk setiap metode pengukuran dengan variabel jumlah *user macro*. Grafik dengan garis merah menunjukkan hasil ideal yang berasal dari perhitungan berdasarkan formula SINR dari persamaan 5 dan tanpa memperhitungkan jarak antara *user* dan *base station*.

$$SINR_{HeNB}(2) = \frac{\frac{P_t(HUE)}{PL(HeNB)} |G_{HeNB}|}{\sum_{n=1}^1 \frac{P_t(MUE)n}{PL(HeNB)} |G_{HeNB}| + N_o} \quad (5)$$

Garis hijau pada gambar 6 menunjukkan distribusi nilai SINR berdasarkan hasil simulasi tanpa menggunakan *power control*, dan garis biru menunjukkan distribusi nilai SINR berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan *power control* dan algoritma *overload indicator*.



Gambar 6. Nilai SINR *scenario 2*

Berdasarkan simulasi tersebut, nilai SINR mengalami perbaikan mencapai 4 dB jika dibandingkan tanpa menggunakan *power control* dan algoritma *overload indicator*. Perbaikan tersebut terjadi karena adanya pengaturan daya transmit untuk *user* yang menginterferensi *base station*. Level interferensi pada *user* disisi *uplink* tersebut akan menghasilkan indikator *overload*, dan jika indikator *overload* melebihi dari batas target *threshold* yang ditentukan maka indikator *overload* akan mengirimkan informasi kepada *user* lain yang menjadi penyebab penginterferensi

untuk menurunkan daya transmisinya. Sehingga jika *level* daya *transmit user* penginterferensi diturunkan, maka membuat nilai interferensi disistem tersebut berkurang dan meningkatkan nilai SINR yang sebelumnya.

IV. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini disimulasikan 2 kondisi skenario interferensi pada sisi *uplink* yang terjadi pada jaringan heterogen dimana terdapat *femtocell* dan *macrocell*. Pada setiap skenario tersebut, kondisi interferensi meningkat seiring dengan jumlah *user* yang ada dan menginterferensi *base station*. Kondisi interferensi tersebut ditunjukkan dengan menurunnya nilai parameter kinerja setiap penambahan *user*.

Jika pada penelitian sebelumnya [5], penerapan *power control* dengan algoritma *overload indicator* hanya bisa diterapkan untuk kondisi jaringan yang homogen, pada penelitian tesis ini algoritma tersebut dicoba untuk diaplikasikan sebagai salah satu metode untuk mengurangi interferensi pada jaringan heterogen yang terdiri *femtocell* dan *macrocell*. Algoritma tersebut, membantu mengurangi kondisi interferensi yang terjadi pada setiap kondisi skenario interferensi yang dimodelkan. Hal tersebut ditunjukkan dengan meningkatnya nilai parameter SINR menjadi lebih baik dengan peningkatan hingga 5 dB pada kondisi tersebut setelah dilakukan algoritma *power control* pada simulasi interferensi tersebut.

Berdasarkan hasil simulasi, perbaikan nilai parameter kinerja pada skenario interferensi pertama, nilai SINR meningkat hingga 3 dB untuk kondisi terburuk. Sedangkan pada skenario interferensi yang kedua, nilai SINR meningkat hingga 4 dB untuk 20 MUE. Hal ini menunjukkan bahwa *power control* dengan menggunakan algoritma *overload indicator* dapat meningkatkan parameter kinerja untuk area yang terinterferensi. Dengan *power control* tersebut, daya *transmit user* diatur dan diturunkan berdasarkan indikator *overload* yang dihasilkan dari kondisi interferensi tersebut. Jika *user* tersebut mempunyai nilai indikator yang melebihi dari indikator target, maka daya *transmit user*nya akan diatur agar bisa mengurangi *level* interferensi di kondisi tersebut.

Dari hasil uji prototipe pemutusan beban genset 3 fasa otomatis dapat diambil kesimpulan bahwa *Input* analog digunakan untuk pembacaan frekuensi dengan menggunakan besaran

tegangan 1V untuk mempresentasikan frekuensi 45 Hz dan 10V untuk mempresentasikan frekuensi 55 Hz. Sistem otomatisasi digunakan untuk menjaga frekuensi tetap pada nilai normal antara 48,5 Hz sampai dengan 51 Hz dan pemutusan beban genset sesuai urutan pemutusan beban skala prioritas *vital*, *essential*, *support* dan *optional*. Sistem SCADA mempermudah sistem pemantauan dan pengoprasian pemutusan beban genset.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lingga Wardhana. "4G Handbook, First Edition". Nulisbuku. 2014
- [2] Khan, Farooq, "LTE for 4G Mobile Broadband. Air Interface Technologies and Performance", Cambridge University Press, United Kingdom, Ch.13,2009
- [3] Tara Ali Yahiya. "Understanding LTE and Its Performance". Springer. 2011.
- [4] R1-074349. Overload Indicator Handling for LTE. 3GPP TSG-RAN WG1 50bis, October 2007.
- [5] Carlos Ubeda Castellanos. "Uplink Interference Control in UTRAN LTE Based on the Overload Indicator". Aalborg University. IEEE. 2008
- [6] Motoki Morita, Takahiro Nobukiyo, Kojiro. "Uplink Power Control Method for LTE Femtocell Based on Resource Usage Aggregation". Green Platform Research Laboratories. Kawasaki, Japan. IEEE. 2012
- [7] Swasan A. Saad, Mohammad Ismail. "A Survey on Power Control Techniques in Femtocell Network". National University of Malaysia. Journal of Communication Vol.8. 2013.
- [8] Lei Cao, Lei Zhong, "Uplink Power Control for an SC-FDMA Mobile Cellular System," Beijing University of Posts and Telecommunication, 978-1-4244-1722-3/08/\$25.00 © 2008 IEEE.