



# Pengaruh Pertambahan Jumlah User terhadap Performansi Pengalokasian Sumber Daya Radio Pada Sistem MIMO-OFDMA 2x2 Berbasis Quality of Service (QoS) Guaranteed

Andre Yohanes Antoni<sup>1</sup>, Arfianto Fahmi<sup>2</sup>, Nur Andini<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung 40257  
E-mail : andreeyogan@gmail.com

<sup>2</sup>Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung 40257  
E-mail : arfiantof@telkomuniversity.co.id

<sup>3</sup>Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung 40257  
E-mail : nurandini@telkomuniversity.co.id

## ABSTRAK

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi sudah memasuki generasi ke empat. *Third Generation Partnership Project* (3GPP) telah memperkenalkan *Long Term Evolution* (LTE) sebagai generasi jaringan seluler yang akan memenuhi permintaan *user* akan kebutuhan data yang lebih besar dari generasi sebelumnya. Salah satu permasalahan yang terdapat di LTE adalah pengalokasian *Physical Resource Block* (PRB). Proses pengalokasian harus diatur secara efektif, agar setiap *user* dapat terlayani dengan tetap menjamin *Quality of Service* (QoS) *user*. Dalam paper ini, algoritma yang digunakan untuk pengalokasian PRB adalah algoritma QoS Guaranteed. Daya akan dialokasikan menggunakan skema *waterfilling* dan akan diaplikasikan dengan konfigurasi antena *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) 2x2. Paper ini membahas pengaruh perubahan jumlah *user* terhadap parameter performansi dari pengalokasian PRB. Hasil simulasi berupa menurunnya nilai *average user throughput* ketika jumlah *user* bertambah dan nilai *system fairness* tidak mencapai maksimum ketika jumlah *user* tidak sama dengan jumlah PRB, kemudian dari beberapa skema yang dilakukan, skema QoS-G MIMO memiliki performansi paling baik.

## Kata Kunci

LTE, QoS Guaranteed, Waterfilling, MIMO

## 1. PENDAHULUAN

Sejak awal kemunculannya, teknologi komunikasi *wireless* telah berkembang sangat cepat. Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi sudah memasuki generasi ke empat. *Third Generation Partnership Project* (3GPP) telah memperkenalkan *Long Term Evolution* (LTE) sebagai generasi jaringan seluler yang akan memenuhi permintaan *user* akan kebutuhan data yang lebih besar dari generasi sebelumnya. Secara teoritis, LTE mampu menyediakan kecepatan data hingga 100Mb/s untuk *downlink* dan 50Mb/s untuk *uplink* [1]. LTE menggunakan *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) sebagai teknik *multiple access* pada arah *downlink* dan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) sebagai teknik modulasinya.

Namun, dalam pengaplikasiannya laju data tersebut belum bisa tercapai, karena semakin bertambahnya variasi permintaan akses data yang lebih cepat, maka hal tersebut harus didukung dengan layanan yang lebih efektif dan efisien dengan mengoptimalkan skema layanan yang ada. Sedangkan sampai saat ini

*Block* (PRB) masih menjadi hal yang terus dicari solusi terbaik oleh para ahli. Oleh karena itu, proses pengalokasian harus diatur secara efektif agar setiap *user* dapat terlayani dengan tetap menjamin *Quality of Service* (QoS) *user*.

Pada [2], dilakukan analisa performansi algoritma penjadwalan QoS Guaranteed yang diterapkan pada MIMO 2x2 dibandingkan dengan algoritma Greedy dan algoritma Round Robin, lalu didapatkan bahwa algoritma QoS Guaranteed memiliki nilai *average user throughput*, dan *system fairness* paling tinggi dibandingkan algoritma Greedy dan algoritma Round Robin. Pada [3], dilakukan analisa performansi algoritma penjadwalan QoS Guaranteed dibandingkan dengan algoritma Max C/I dan algoritma Round Robin, lalu didapatkan bahwa algoritma QoS Guaranteed menyediakan nilai *average throughput* dan *fairness* yang lebih baik daripada algoritma Max C/I dan algoritma Round Robin.

Pada penelitian ini dilakukan proses simulasi pengalokasian PRB arah *downlink* dan penggunaan

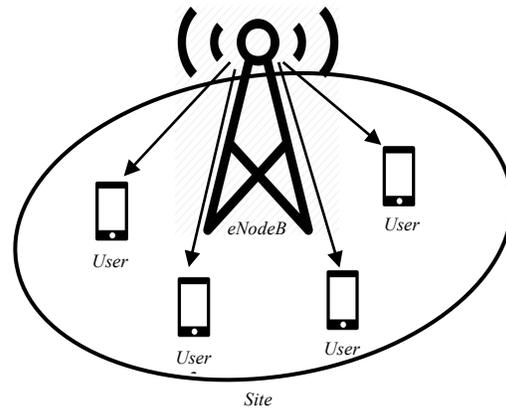
digunakan untuk pengalokasian PRB adalah algoritma QoS Guaranteed. Daya akan dialokasikan menggunakan skema waterfilling dan akan diaplikasikan dengan konfigurasi antenna *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) 2x2. Skenario yang dilakukan adalah dengan menguji algoritma terhadap perubahan jumlah *user*. Parameter yang akan dianalisis dalam sistem adalah *average user throughput* (AUT) dan *system fairness* (SF). Tujuan penelitian ini adalah membandingkan performansi parameter terhadap skema simulasi yang dilakukan dan disimpulkan skema yang terbaik dari semua skema yang telah dilakukan. Penelitian ini selanjutnya terdiri dari beberapa bagian sebagai berikut: Metodologi Penelitian; Model Sistem; Hasil Simulasi dan Analisis; Kesimpulan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang dilakukan pada penelitian dimulai dengan mengidentifikasi masalah yang ada. Identifikasi masalah dilakukan dengan teknik studi literatur dari penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan masalah penelitian ini. Pada penelitian sebelumnya, algoritma QoS Guaranteed dilakukan perbandingan performansi terhadap algoritma pengalokasian PRB seperti Round Robin dan Greedy, belum diterapkan dalam konfigurasi MIMO, serta tidak dilakukan proses pengalokasian daya, oleh karena itu pada *paper* ini dilakukan penelitian dengan melakukan simulasi pengalokasian PRB menggunakan algoritma QoS Guaranteed dengan alokasi daya menggunakan teknik waterfilling dengan konfigurasi MIMO 2x2. Penggunaan algoritma QoS Guaranteed pada penelitian ini diharapkan tercapainya nilai AUT yang tinggi, sedangkan penggunaan waterfilling agar tercapainya SF yang tinggi pula. Skema *selective combining* pada MIMO 2x2 terlebih dahulu dieksekusi, kemudian algoritma QoS Guaranteed dieksekusi untuk mengalokasikan PRB, lalu dilakukan pengalokasian daya menggunakan teknik waterfilling. Selanjutnya dilakukan pengujian model pemecahan masalah menggunakan simulasi di komputer dan validasi penelitian. Setelah itu dilakukan pengumpulan dan analisis data, dimana data yang digunakan merupakan data primer kuantitatif dari hasil percobaan simulasi. Pengumpulan dan pengklasifikasian data hasil percobaan mengacu pada skenario yang dibuat untuk mengetahui kaitan antara variabel pengamatan dengan parameter kinerja yang diamati yaitu *average user throughput*, dan *system fairness*. Pada akhirnya, dari data hasil percobaan disimpulkan skema alokasi yang paling baik berdasarkan parameter kinerja yang diamati.

## 3. MODEL SISTEM

Model sistem pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Satu sistem sel terdiri dari satu eNodeB yang melayani  $K$  *user*. Sistem dimodelkan sebagai sel tunggal sebagai dasar asumsi bahwa dalam sistem ini tidak mengalami interferensi dari sel tetangga. Pada Gambar 1 menjelaskan sebuah eNodeB sebagai perangkat yang melakukan proses pengalokasian PRB, sedangkan pengalokasian daya menggunakan sistem MIMO-OFDMA dengan antenna MIMO 2x2 terhadap sejumlah  $K$  *user* yang tersebar secara acak di dalam sel dengan minimum *data rate* 1024 kbps. Pada sistem tersebut, komunikasi menggunakan teknologi 4G LTE dengan frekuensi 2000 MHz dan bandwidth 5 MHz.



Gambar 1. Model Awal Sistem

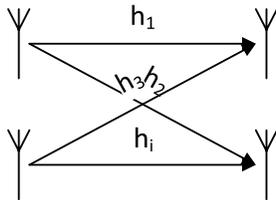
Pada penelitian ini, eNodeB mengalokasikan PRB dan daya kepada *user* akan menerima informasi berupa hasil pengukuran kualitas kanal pada setiap *user* yang berupa matriks *Channel Quality Indicator* (CQI). Masukan matriks CQI berupa *Signal to Noise Ratio* (SNR), untuk mendapatkan SNR, maka digunakan persamaan:[4]

$$\gamma_{k,n} = P_k \times H_{k,n} \quad (1)$$

Dimana  $P_k$  adalah daya pancar dari PRB<sub>k</sub> dan  $H_{k,n}$  merupakan kondisi kanal *user* k pada PRB<sub>n</sub>. Kondisi kanal  $H_{k,n}$  merupakan perbandingan antara penguatan kanal dan perhitungan rugi-rugi daya yang didefinisikan dengan persamaan:[4]

$$H_{k,n} = \frac{G_{Tx} \times G_{Rx}}{L_{pathloss} \times L_{penetration} \times S_h \times P_{rayleigh} (k \times T \times B_n \times NF)} \quad (2)$$

Dimana  $G_{Tx}$  adalah *gain* eNodeB,  $G_{Rx}$  adalah *gain User Equipment*.  $L_{pathloss}$ ,  $L_{penetration}$ ,  $S_h$  berturut-turut adalah *pathloss* (model COST 231), *penetration loss* dan *shadowing*. Nilai *shadowing* yang terjadi terdistribusi secara Gaussian dengan *mean* nol dan standar deviasi 8 dB sesuai [5].  $P_{rayleigh}$  adalah rugi-rugi kanal Rayleigh,  $k$  adalah konstanta boltzman yang  $(1,381 \times 10^{-23} \text{JK}^{-1})$ ,  $T$  merupakan suhu sistem,  $B_n$  adalah *bandwidth* PRB, dan  $NF$  adalah *noise figure*. Penelitian ini menggunakan konfigurasi



Gambar 2. Konfigurasi MIMO 2x2 [2]

Pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa ketika sistem menggunakan konfigurasi antena MIMO 2x2, maka terdapat empat *path* yang dapat digunakan oleh pengguna. Setiap *path* memiliki kondisi kanal yang berbeda-beda. Kondisi kanal pada masing-masing jalur dapat didefinisikan dengan persamaan berikut:

$$H = \begin{pmatrix} h_1 & h_2 \\ h_3 & h_4 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Informasi CQI selanjutnya akan dilakukan proses *selective combining* pada desain MIMO 2x2. Pada teknik *selective combining* MIMO sinyal terima pada setiap *path*, akan dipilih kondisi kanal terbaik dari setiap *path*, maka nilai kondisi kanal hasil *selective combining* adalah nilai maksimal dari masing-masing *path* yang didefinisikan dengan persamaan berikut:

$$H_{k,n} = \max(CQI_{k,n}); k=1,2,3,\dots,K; n=1,2,3,\dots,N. \quad (4)$$

Proses *selective combining* akan menghasilkan matriks  $H_{k,n}$  yang kemudian nilai matriks dilakukan pemilihan *Modulation and Coding Scheme* (MCS) sesuai dengan [6] dan akan menghasilkan matriks  $R_j$  dan  $M_j$ . Dimana  $R_j$  merupakan matriks *data rate* dan  $M_j$  merupakan matriks modulasi sesuai [6].

Proses selanjutnya dilakukan pengalokasian PRB dengan menggunakan algoritma QoS Guaranteed. Pada proses ini, satu PRB hanya akan dialokasikan untuk satu *user* sedangkan satu *user* dapat menggunakan lebih dari satu PRB.

### 3.1 Algoritma QoS Guaranteed

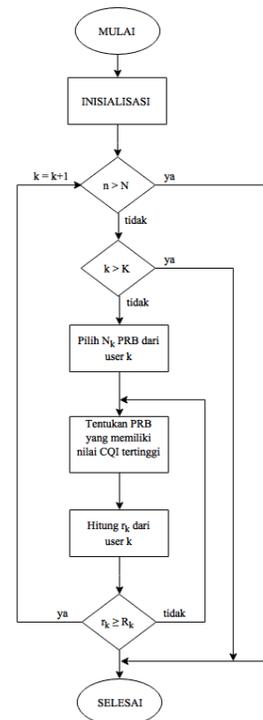
Algoritma QoS Guaranteed merupakan suatu algoritma yang dibuat untuk menjamin QoS *user* ketika melakukan suatu komunikasi. QoS adalah kinerja atau suatu layanan dari sebuah jaringan [2]. Semakin tinggi QoS suatu sistem komunikasi maka semakin bagus pula kualitas layanan yang didapatkan oleh *user*. Algoritma ini memperkirakan jumlah PRB yang dibutuhkan oleh setiap *user* berdasarkan kebutuhan laju minimum dan kondisi kanal rata-rata. Kemudian PRB dialokasikan kepada *user* berdasarkan prioritasnya. Jika dibandingkan dengan algoritma konvensional, algoritma ini mampu mencapai *throughput* yang tinggi.

Berdasarkan [3], algoritma ini mengalokasikan PRB yang memiliki nilai CQI paling tinggi. Dirumuskan dengan persamaan:

$n^*$  merupakan PRB dengan nilai CQI tertinggi yang dialokasikan pada *user*. Pada [3] dijelaskan, proses pengalokasian dilakukan sampai *bit rate* yang dibutuhkan oleh 1 *user* terpenuhi. Rumus untuk menghitung *bit rate* masing-masing PRB didefinisikan dengan persamaan:

$$r^{(j)} = \frac{R_j^{(c)} \log_2(M_j)}{T_s N_s} \sum_{s=1}^{N_s} N_{sc}^{(d)}(s) \quad (6)$$

Berikut merupakan diagram alir algoritma QoS Guaranteed:



Gambar 3. Diagram Alir Algoritma QoS Guaranteed

Setelah dilakukan proses pengalokasian PRB, maka dilakukan pengalokasian daya dengan menggunakan teknik *waterfilling*.

### 3.2 Pengalokasian Daya Waterfilling

Proses algoritma *waterfilling* dianalogikan seperti menuangkan air ke dalam sebuah bejana. Bagian yang tidak terisi merepresentasikan *inverse* dari penguatan daya di suatu kanal tertentu, sedangkan bagian yang terisi merepresentasikan daya yang dialokasikan (dianalogikan sebagai air).

Skema *waterfilling* dijelaskan melalui langkah-langkah di bawah ini:[7]

1. Tentukan *inverse* dari penguatan kanal.
2. *Waterfilling* tidak mempunyai struktur prosedur yang seragam oleh karena *inverse* dari penguatan kanal.

3. Tentukan total daya  $P_t$  dan *inverse* dari penguatan kanal, yang diberikan oleh persamaan berikut:

$$P_t + \sum_{i=1}^n \frac{1}{H_i} \quad (6)$$

4. Tentukan *water level* awal dengan rumus berikut dengan mengambil rata-rata daya yang dialokasikan:

$$\frac{P_t + \sum_{i=1}^n \frac{1}{H_i}}{\sum \text{channels}} \quad (7)$$

5. Nilai daya untuk setiap subkanal dihitung dengan mengurangi *inverse* penguatan kanal dari setiap kanal:

$$\frac{P_t + \sum_{i=1}^n \frac{1}{H_i}}{\sum \text{channels}} - \frac{1}{H_i} \quad (8)$$

6. Jika nilai dari daya yang dialokasikan bernilai negatif, hentikan pengulangan.

#### 4. HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

Pada penelitian ini dilakukan simulasi dengan 4 pemodelan simulasi yang dibedakan berdasarkan penggunaan antena MIMO dan proses pengalokasian daya menggunakan teknik *waterfilling*. Kondisi tersebut diuji dengan skenario variasi jumlah *user* (pengamatan kondisi kanal terhadap pertambahan jumlah *user*). Adapun pemodelan simulasi sebagai berikut:

1. Penggunaan algoritma QoS-G untuk pengalokasian PRB tanpa menggunakan teknik MIMO dan teknik alokasi daya *waterfilling*. (QoS-G)
2. Penggunaan algoritma QoS-G untuk pengalokasian PRB dengan menggunakan teknik MIMO. (QoS-G MIMO)
3. Penggunaan algoritma QoS-G untuk pengalokasian PRB dengan menggunakan teknik alokasi daya *waterfilling*. (QoS-G WF)
4. Penggunaan algoritma QoS-G untuk pengalokasian PRB dengan menggunakan teknik MIMO dan teknik alokasi daya *waterfilling*. (QoS-G MIMO WF)

Perancangan parameter dan asumsi yang digunakan dalam simulasi ini dapat dilihat pada Tabel 1.

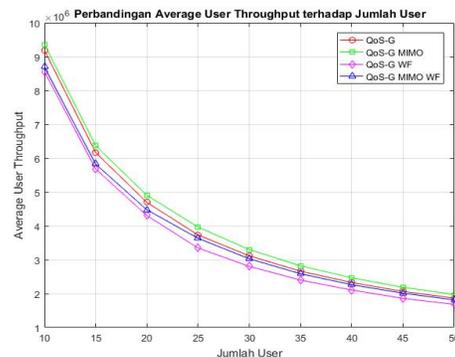
Tabel 1. Parameter Simulasi

Parameter	Asumsi
Layout Seluler	Single cell
Frekuensi carrier	2000 MHz
Bandwidth resource block	180 KHz
Bandwidth sistem	5 MHz
Jumlah TTI per pengamatan	200 TTI
Jumlah user	10-50 user (kenaikan sebesar 5)
Jumlah resource block	25

Parameter	Asumsi
Jari-jari sel	1000 meter
Loss penetrasi ( $L_{penetration}$ )	20 dB
Konfigurasi antenna	Multiple Input Multiple Output (MIMO) 2x2
Gain antenna eNodeB	18 dB
Gain antenna User Equipment (UE)	0 dB
Noise Figure UE	7 dB
Daya Pancar eNodeB	46 dBm (40 Watt)
Jarak minimal antara UE dan eNB	10 m
Data rate minimum	1024 kbps
Modulasi dan coding	QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Algoritma penjadwalan PRB	QoS Guaranteed
Teknik alokasi daya	Waterfilling

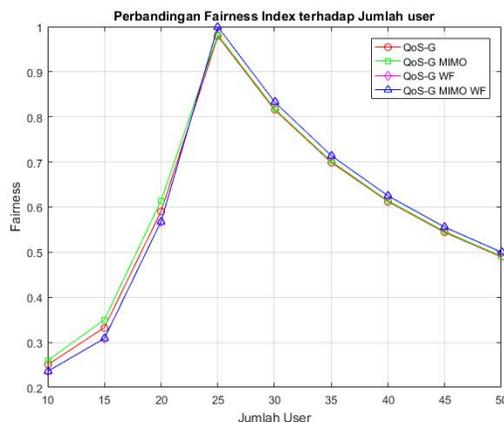
Simulasi dilakukan dengan skenario variasi jumlah *user* untuk melihat *average user throughput*, dan sistem *fairness*. Jumlah *user* bertambah dengan kenaikan 5 *user* dimulai dari 10 *user* hingga mencapai 50 *user*.

Pada skenario variasi jumlah *user*, jumlah *user* bertambah dari 10 *user* hingga 50 *user* sedangkan PRB yang dialokasikan hanya 25 PRB. Terlihat pada Gambar 4, nilai *average user throughput* tertinggi berada pada jumlah *user* 10 yang bernilai 9,36 Mbps untuk QoS-G MIMO, 9,19 Mbps untuk QoS-G, 8,69 Mbps untuk QoS-G MIMO WF dan 8,56 Mbps untuk QoS-G WF. Nilai AUT menurun seiring bertambahnya jumlah *user*, hal ini dikarenakan jumlah PRB yang tersedia tidak sebanding dengan banyaknya jumlah *user*. Selisih AUT terbesar adalah antara skema QoS-G MIMO dengan QoS-G WF yaitu sebesar 0,51 Mbps, hal ini dikarenakan QoS-G WF mengalokasikan daya yang besar terhadap PRB yang memiliki nilai SNR kecil, sehingga semua *user* memiliki SNR yang sama.



Gambar 4. Grafik average user throughput terhadap

Terlihat pada Gambar 5, grafik mengalami kenaikan secara tajam pada jumlah *user* 10 hingga jumlah *user* 25 dan mencapai nilai paling optimum yaitu 1 pada jumlah *user* 25. Hal ini dikarenakan algoritma QoS Guaranteed menjamin satu PRB untuk satu *user* ketika jumlah *user* bernilai 25, sedangkan ketika jumlah *user* kurang dari 25, terdapat *user* yang mendapatkan lebih dari 1 PRB sehingga nilai *fairness* tidak mencapai optimum. Grafik mengalami penurunan pada jumlah *user* 25 hingga jumlah *user* 50. Hal ini dikarenakan jumlah *user* bertambah melebihi dari jumlah PRB yang tersedia, sehingga terdapat *user* yang tidak mendapatkan PRB dan memiliki nilai SNR sama dengan nol.



Gambar 5. Grafik system fairness terhadap variasi jumlah user

Dari grafik pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa performansi QoS-G MIMO memiliki kinerja yang paling optimum dibandingkan dengan performansi skema lainnya karena skema QoS-G MIMO memiliki nilai AUT yang paling tinggi dibandingkan skema lainnya. Sedangkan pada Gambar 5, dapat dilihat performansi skema yang menggunakan waterfilling memiliki kinerja paling optimum dibandingkan skema yang tidak menggunakan waterfilling. Skema QoS-G WF dan QoS-G MIMO WF memiliki nilai SF paling tinggi dibanding skema lainnya. Namun, selisih antara skema QoS-G MIMO dengan QoS-G WF dan QoS-G MIMO WF tidak terlalu besar, sehingga performansi terbaik rata-rata terjadi pada skema QoS-G MIMO.

## 5. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah disimulasikan pengalokasian PRB pada arah *downlink* menggunakan algoritma QoS Guaranteed dengan alokasi daya menggunakan teknik waterfilling pada konfigurasi MIMO 2x2. Hasil simulasi menyatakan bahwa skema pengalokasian PRB menggunakan algoritma QoS Guaranteed yang diterapkan pada konfigurasi MIMO 2x2 (QoS-G MIMO) memiliki performansi terbaik rata-rata. Hal ini ditunjukkan dengan tercapainya nilai AUT paling tinggi dan nilai SF yang tercukupi. Performa algoritma QoS Guaranteed pada keadaan jumlah *user* lebih sedikit dari jumlah PRB lebih baik jika dibandingkan ketika jumlah *user* lebih banyak daripada jumlah PRB. Oleh karena itu, algoritma ini tidak baik ketika digunakan pada kondisi kanal yang sangat padat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Ergen, *Mobile Broadband Including WiMAX and LTE*, Springer, 2009.
- [2] S. M. Sari, *Simulation and Analysis Resource Block Allocation Algorithm based on QoS Guaranteed in Long Term Evolution System*, Bandung, 2015.
- [3] N. Guan, Y. Zhou, L. Tian, G. Sun dan J. Shi, "QoS Guaranteed Resource Block Allocation Algorithm for LTE," dalam *IEEE 7th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications*, 2011.
- [4] Simon R. Saunders, Alejandro A. Zavala: *United Kingdom ; John Wiley & Sons., "Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems"*, British Library Cataloguing in Publication Data, 2017.
- [5] 3GPP TR 25.814 – V7.1.0, "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Physical layer aspects for evolved Universal Terrestrial Radio Access (UTRA)".
- [6] M. T. Kawser, N. I. B. Hamid, M. N. Hasan, M. S. Alam dan M. M. Rahman, "Downlink SNR to CQI Mapping for Different Multiple Antenna Techniques in LTE," *International Journal of Information and Electronics Engineering*, vol. 2, 2012.
- [7] H. Patel, S. Gandhi dan D. Vyas, "A Research on spectrum Allocation Using Optimal Power in Downlink Wireless System," *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. III, no. 4, pp. 2515-2519, April 2016.