

ANALISIS RESOURCE ALLOCATION MENGGUNAKAN ALGORITMA ANT COLONY OPTIMIZATION (ACO) PADA SISTEM SC-FDMA LONG TERM EVOLUTION (LTE) ARAH UPLINK

ANALYSIS RESOURCE ALLOCATION BASED ON ANT COLONY OPTIMIZATION (ACO) ALGORITHM IN SC-FDMA LONG TERM EVOLUTION (LTE) UPLINK SIMULATIONS

Nur Indah<sup>1</sup>, Arfianto Fahmi<sup>2</sup>, Tjahjo Adiwibowo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

[1nurindah@students.telkomuniversity.ac.id](mailto:nurindah@students.telkomuniversity.ac.id) [2arfianto@telkomuniversity.ac.id](mailto:arfianto@telkomuniversity.ac.id)

[3tjahjoadiprabowo@telkomuniversity.ac.id](mailto:tjahjoadiprabowo@telkomuniversity.ac.id)

---

Abstrak

Salah satu isu yang berkaitan dengan pengembangan LTE adalah pemanfaatan *multiuser diversity*. *Multiuser diversity* adalah keberagaman kondisi kanal yang muncul dari banyaknya *user*. Isu ini dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kapasitas sistem, yaitu dengan cara pengalokasian sumber daya radio yang baik. Pada jurnal ini diajukan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) pada sistem LTE arah *uplink*. ACO merupakan salah satu jenis algoritma metaheuristik yang bekerja berdasarkan aktifitas semut dimana semut-semut tersebut menggunakan informasi feromon dan nilai heuristik. Semut buatan tersebut bergerak secara paralel dalam melakukan evaluasi solusi pengalokasian. Simulasi dilakukan dengan menggunakan 2 skenario dengan melihat variasi semut dan variasi iterasinya. Dari simulasi didapatkan bahwa untuk jumlah iterasi sebesar 80, jumlah semut yang sedikit (10 - 40) dapat meningkatkan *average user throughput*. Sedangkan jumlah iterasi dapat meningkatkan *average user throughput* dengan persentase kenaikan sebesar 0.05%. ACO juga dapat menjamin *fairness* yang bagus untuk sistem, yaitu dalam kisaran angka 0,99985 atau 99.985% *fair*. Sedangkan dalam kompleksitas waktu, ACO memiliki kompleksitas waktu lebih tinggi jika dibandingkan dengan algoritma konvensional, seperti RR. Tetapi tingginya kompleksitas waktu ACO dapat dikurangi dengan mengkuantifikasi dua variabelnya, yaitu jumlah semut dan iterasi, sehingga dapat setara dengan RR. Studi lebih jauh dapat dilakukan dengan meneliti pengaruh perubahan parameter-parameter ACO atau membandingkan dengan metode metaheuristik lainnya.

Kata Kunci: LTE, SC-FDMA, ACO, *resource block*, semut buatan

---

One of the issues relating to the development of LTE is exploiting *multiuser diversity*. *Multiuser diversity* is the diversity of channel conditions that arise from many users. This issue can be exploited to increase the capacity of the system, namely by way of radio resources allocation good. In this paper the proposed algorithm *Ant Colony Optimization* (ACO) in the LTE system *uplink* direction. ACO is one type of algorithm that works based activities metaheuristik ants where ants use pheromones information and heuristic value. The artificial ants moving in parallel in evaluating the allocation solutions. Simulations done using two scenarios to see variations ants and variations iteration. The simulation showed that for the number of iterations is 80, the number of ants which bit (10-40) can improve the *average user throughput*. While the number of iterations can increase the *average user throughput* with a percentage increase of 0.05%. ACO can also guarantee *fairness* is good for the system, which is in the range of 0.99985 numbers or 99.985% *fair*. While the complexity of the time, the ACO has a higher complexity compared to conventional algorithms, such as RR. But the high complexity of the ACO time can be reduced by quantifying two variables, namely the number of ants and iterating, so it can be the equivalent of RR. Further studies can be done by examining the effects of changes in the parameters of the ACO or compare with other metaheuristic method.

Keywords: LTE, SC-FDMA, ACO, *resource block*, artificial ants

## 1. Pendahuluan

Seiring berkembangnya kebutuhan manusia akan komunikasi *wireless broadband*, maka teknologi yang mendukung kebutuhan tersebut juga ikut berkembang. Melihat fakta yang ada, sistem komunikasi *wireless* nantinya akan dihadapkan pada masalah permintaan dalam peningkatan kapasitas, efisiensi *resource*, peningkatan *Quality of Service (QoS)*, dan optimisasi *energy efficiency*, dimana diprediksi di tahun 2020 akan mengalami peningkatan jumlah trafik sebanyak 1000 kali lipat [1]. Dengan beragamnya kondisi kanal tersebut, salah satu *issue* pemanfaatannya adalah dengan melakukan *resource allocation* secara efisien.

*Long Term Evolution (LTE)* adalah sebuah nama yang diberikan oleh sebuah proyek dari *The 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project (3GPP)* untuk memperbaiki standar *mobile phone* pada generasi sebelumnya, dimana standar tersebut untuk menunjang permintaan kebutuhan layanan komunikasi. *Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA)* pada LTE digunakan pada sisi *uplink*, yaitu dari arah UE ke eNodeB.

Dalam beberapa penelitian sebelumnya, telah dikaji beberapa metode dalam *resource allocation*, salah satu metode yang digunakan adalah metode metaheuristik. Contoh pemanfaatan metode metaheuristik adalah algoritma *Greedy*. Pada [3], telah diteliti mengenai algoritma *Greedy* untuk mengurangi kompleksitas *power allocation* untuk nilai *resource allocation* yang proporsional pada *multi-user OFDM*. Dalam algoritma *Greedy*, solusi akan dibentuk dalam langkah per langkah (*step by step*) dengan tiap langkah tersebut harus dibuat suatu keputusan terbaik untuk menentukan solusi dari beberapa pilihan. Keputusan yang telah diambil pada setiap langkah bersifat tetap dan tidak dapat diubah pada langkah selanjutnya. Artinya solusi terbaik akan dilakukan tanpa memperhatikan konsekuensi kedepannya. Penelitian lainnya adalah mengenai pemanfaatan algoritma *Genetika* untuk *multi-user resource allocation* pada *WiMAX* [4]. Algoritma *Genetika* bersifat paralel dengan cara kerja memberikan sejumlah solusi di awal proses algoritma untuk diproses. Penentuan solusi terbaik yang akan digunakan berdasarkan fungsi objektif yang digunakan.

Pada Tugas Akhir ini, akan dibahas mengenai metode metaheuristik dengan menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization (ACO)* untuk diuji pada sistem *multi-user SC-FDMA* arah *uplink* untuk pengalokasian *resource block* LTE. Pada Tugas Akhir ini, algoritma ACO diajukan untuk mengatasi masalah optimisasi model *uplink*, dengan menggunakan semut-semut buatan untuk mencari *path* yang paling optimal dalam pengalokasian *resource block*. Parameter pengujian pada Tugas Akhir ini adalah terkait masalah *system throughput, fairness index*, serta *computational time complexity*.

## 2. Dasar teori dan metodologi

### 2.1 Algoritma *Ant Colony Optimization (ACO)*

Algoritma ACO membahas tentang sistem *artificial* yang diangkat dari tingkah laku semut yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah optimasi. Secara umum, proses algoritma ACO dilakukan dalam 3 tahap, yaitu (1) pembentukan solusi semut, (2) pembaharuan feromon, (3) aksi daemon/ *apply local search*. Variasi algoritma ACO yang diterapkan dalam jurnal ini adalah algoritma *Ant System (AS)*. Proses yang dilakukan dalam AS yaitu:

#### 1) *tour construction*

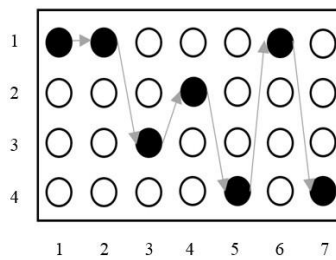
tiap step dalam *tour construction*, semut buatan menggunakan persamaan fungsi probabilitas di bawah ini untuk memilih semut buatan mana dan jalur mana yang akan dilalui.

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{\text{update of pheromone trails}} [\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta} \quad (2.1)$$

setelah semut-semut buatan tersebut memilih *node-node*, nilai feromon kemudian di-*update*. Dalam satu iterasi algoritma ACO, semut-semut buatan pertama-tama mencari *user* untuk ditempatkan pada *node* RB dan untuk memilih jalur/*node* yang ingin dilalui dengan menggunakan fungsi probabilitas (pers. 2.9). *node-node* RB dilalui semut secara paralel. Setelah *user* menempati RB masing-masing kemudian dilakukan evaluasi kualitas dari masing-masing solusi. Dari proses evaluasi kualitas tersebut dipilihlah kualitas terbaik sementara dalam sekali iterasi (*iteration best solution*). Iterasi akan terus dilakukan hingga mencapai iterasi maksimum yang telah ditentukan, kemudian dilakukan pemilihan *iteration best solution* yang diperoleh dari tiap iterasi akan dibandingkan satu sama lain sehingga didapat *best so far solution*. Setelah didapat *best so far solution*, maka akan dilakukan pembaharuan feromon sesuai dengan persamaan di bawah ini:

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - p)\tau_{ij}, \quad \forall (i, j) \in L, \quad (2.2)$$

### 2.2 Model ACO Dalam Pengalokasian RB



Gambar 2.1 Graf Konstruksi (N x K) Algoritma ACO<sup>[16]</sup>

Pemilihan *node-node* dalam algoritma ACO memanfaatkan 2 petunjuk, yaitu nilai heuristik dan feromon. Kedua petunjuk tersebut digunakan untuk mengalokasikan *user* pada *resource block*-nya masing-masing. Bagian baris pada gambar di atas menunjukkan pengguna-pengguna di dalam sel, pengguna ke-*k* ∈ RB-*n* digunakan oleh pengguna-*k*, maka jika disesuaikan dengan gambar di atas (1,1) bernilai 1. Begitu pula dengan (2,1) dan lainnya. *Node* menunjukkan korespondensi atau hubungan antara pengguna dan RB.

Nilai feromon ( $\tau_{n,k}$ ) tersebut disimpan di dalam matriks  $\Gamma (N \times K)$ . Nilai feromon diinisialisasi dengan nilai 0,5 secara seragam pada tiap *node*<sup>[15]</sup>. Saat pengalokasian RB berlangsung, nilai tersebut akan diperbaharui oleh semut-semut buatan.

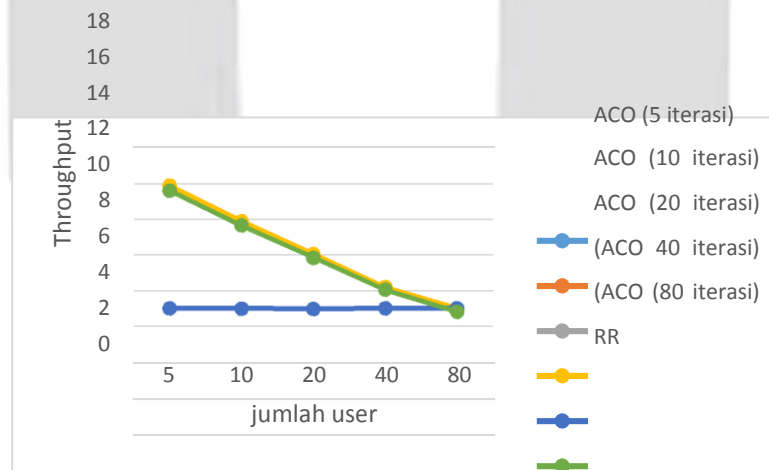
Sedangkan untuk nilai heuristik ( $\eta_{n,k}$ ) untuk *user* berbeda disimpan dalam matriks  $\Phi (N \times K)$  yang dimana nilainya didefinisikan pada persamaan berikut:

Dimana  $\eta_{n,k}$  merupakan nilai heuristik;  $r_{n,k}$  adalah nilai spektral efisiensi  $N$  adalah sekumpulan *user* yang tersedia.

Algoritma ACO yang diterapkan pada pengalokasian RB kali ini menggunakan salah satu jenis strategi yang dinamakan *Ant System* (AS).

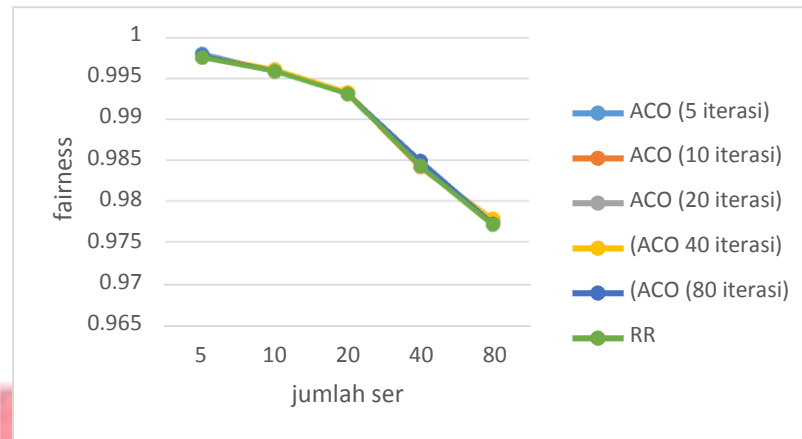
### 3. Hasil Simulasi dan Analisis

Simulasi dilakukan dengan mengungkap dua skenario, yaitu Skenario 1 dan Skenario 2. Skenario 1 melihat pengaruh jumlah iterasi (I) sebesar 5, 10, 20, 40, dan 80, dengan jumlah semut (M) tetap sebesar 80. Skenario 2 melihat pengaruh jumlah semut (M) sebesar 5, 10, 20, 40, dan 80, dengan jumlah iterasi (I) tetap sebesar 80. Simulasi juga dilakukan dengan menggunakan jumlah *user* yang sama dengan jumlah RB, yaitu sebesar 5, 10, 20, 40, dan 80. Algoritma RR digunakan sebagai algoritma pembandingan dalam simulasi ini.



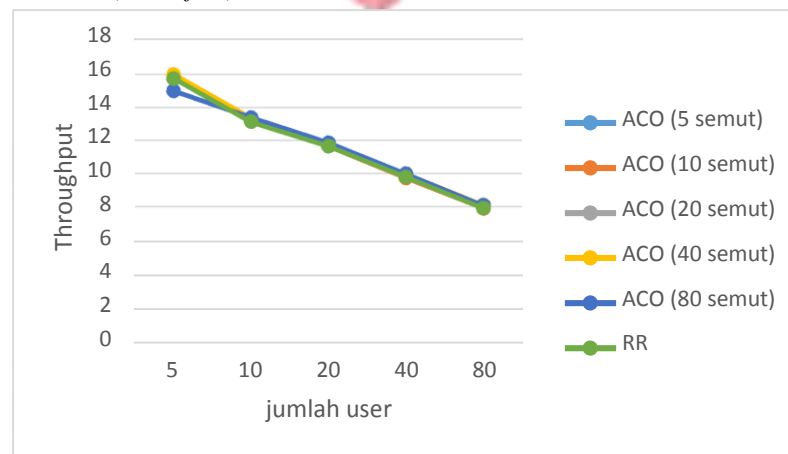
Gambar 3.1 Nilai Average User Throughput Dalam Pengalokasian RB Dengan Algoritma ACO Pada Skenario 1

Pada gambar 4.1 di atas, dapat dilihat bahwa pada algoritma ACO dan RR seiring dengan bertambahnya jumlah *user*, maka nilai *throughput* semakin menurun. Pada ACO 80 iterasi, terlihat jelas nilai *throughput* lebih rendah daripada yang lainnya. Hal ini disebabkan meningkatnya interferensi yang disebabkan oleh jumlah *user* yang juga semakin meningkat. Hal ini mengakibatkan menurunnya nilai *throughput*.



**Gambar 3.2** Nilai *Fairness* Dalam Pengalokasian RB Dengan Algoritma ACO Pada Skenario 1

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa perbandingan antara nilai *fairness* yang dihasilkan algoritma ACO dan RR tidak mengalami perbedaan yang signifikan, namun seiring bertambahnya jumlah *user*, nilai *fairness* mengalami tren penurunan. Nilai *fairness* yang dihasilkan oleh algoritma ACO dan RR cenderung stabil pada nilai mendekati 1 (100% *fair*).



**Gambar 3.3** Nilai *Average User Throughput* Dalam Pengalokasian RB Dengan Algoritma ACO Pada Skenario 2

Pada gambar 3.3 di atas, dapat dilihat bahwa algoritma ACO dengan percobaan 40 semut dengan jumlah iterasi yang tetap memiliki nilai *throughput* tertinggi dibanding dengan yang lain dengan rata-rata 11,8518 mbps. Sedangkan algoritma ACO dengan percobaan 10 semut dilihat dari tabel di atas memiliki nilai *throughput* terkecil dengan nilai rata-rata 11,6294 mbps.

Jika dilihat dari peningkatan jumlah *user*, maka *throughput* yang dihasilkan oleh algoritma ACO mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya jumlah *user*. Hal ini disebabkan karena semakin banyak *user* pada sistem, maka interferensi antar *user* dan kompleksitas algoritma ACO dalam pengalokasian RB semakin besar sehingga akan menurunkan nilai *throughput*.

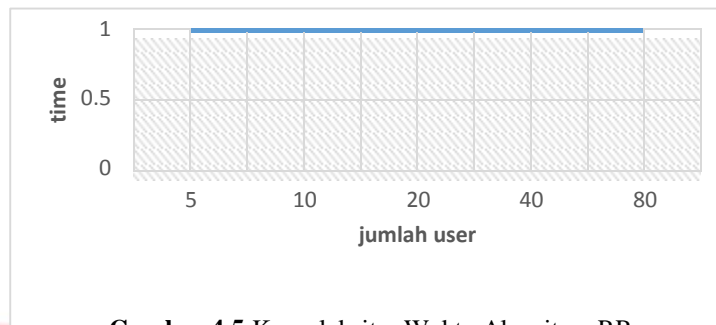
Pada gambar di bawah, dapat dilihat bahwa perbandingan antara nilai *fairness* yang dihasilkan algoritma ACO dan RR tidak mengalami perbedaan yang signifikan. Nilai *fairness* yang dihasilkan oleh algoritma ACO dan RR cenderung stabil pada nilai mendekati 1 (100% *fair*). Hal ini disebabkan karena algoritma ACO pada tiap TTI mengalokasikan tiap RB kepada *user* tanpa ada yang tersisa (1 RB untuk 1 *user*), baik itu RB maupun *user*. Hal ini menyebabkan laju data tiap *user* pada persamaan 3.7 di atas memiliki nilai mendekati maksimal dan mampu memaksimalkan nilai *fairness*. Begitu pula dengan algoritma RR dengan menggunakan sistem *first come, first in*, maka tiap *user* akan mendapatkan jumlah alokasi RB yang sama. Sehingga nilai *fairness* yang dihasilkan cukup baik.





Dengan menggunakan notasi  $O(\text{Big Oh})$ , *time complexity* sebuah algoritma diambil dari proses terpanjang yang dilakukan oleh algoritma tersebut. Dengan menggunakan notasi  $O(\text{Big Oh})$ , algoritma *Ant Colony Optimization (ACO)* memiliki tingkat kompleksitas dengan nilai  $O(n^2)$ .

Sedangkan algoritma *Round Robin* memiliki kompleksitas waktu  $O(1)$  yang berarti jumlah masukan tidak berpengaruh terhadap proses kerja algoritma.



Gambar 4.5 Kompleksitas Waktu Algoritma RR

#### 4. Kesimpulan

Pengalokasian RB pada sistem LTE arah *uplink* telah disimulasikan dengan menerapkan algoritma ACO. Algoritma ACO merupakan algoritma yang terinspirasi dari perilaku semut nyata. ACO mengalokasikan RB pada pengguna dengan menggunakan persamaan probabilistik yang terdapat dua informasi penting, yaitu feromon dan nilai heuristik. Simulasi pengalokasian RB dengan menggunakan algoritma ACO dilakukan dengan melihat pengaruh dua variabel, yaitu jumlah semut dan iterasi. Dari simulasi didapatkan bahwa untuk jumlah iterasi sebesar 80, jumlah semut yang sedikit (10 - 40) dapat meningkatkan *average user throughput*. Sedangkan jumlah iterasi dapat meningkatkan *average user throughput* dengan persentase kenaikan sebesar 0.05%. ACO juga dapat menjamin *fairness* yang bagus untuk sistem, yaitu dalam kisaran angka 0,99985 atau 99.985% *fair*. Sedangkan dalam kompleksitas waktu, ACO memiliki kompleksitas waktu lebih tinggi jika dibandingkan dengan algoritma konvensional, seperti RR.

#### Daftar Pustaka:

- [1] Anonim. (n.d). *Traffic Prediction in 2020 For Wireless Communication*. [Online]. Tersedia: [www.arenalte.com/cisco-layanan-m2m-dan-wearable-di-tahun-2020-akan-tambah-6-kali-lipat/](http://www.arenalte.com/cisco-layanan-m2m-dan-wearable-di-tahun-2020-akan-tambah-6-kali-lipat/). [8 November 2015]
- [2] Uke Kurniawan Usman, dkk. (2012). "Fundamental Teknologi Seluler LTE", Bandung: Rekayasa Sains.
- [3] Najib A. Odhah, Moawad I. Dessoulty, Waleed E. AL Hanafy, and Fathy E. Abd. El Samie, "Low Complexity Greedy Power Allocation Algorithm For Proportional Resource Allocation in Multiuser OFDM System", *Faculty of Electronic Engineering, Menoufin Univ., Menouf, Egypt*.
- [4] Mehri M., Mohammed Khattar Awad, Xuenin Shen, "Resource Allocation in OFDM Based Wimax", *Wimax Network Planning and Optimization, Nov., 20<sup>th</sup> 2008*.
- [5] Anonim. (n.d). Jaringan 4G. [Online]. Tersedia [www.chyrun.com/jaringan-transport-4g-lte/](http://www.chyrun.com/jaringan-transport-4g-lte/) . [12 November 2015]
- [6] Mutadha Ali Nsaf Sukan, Maninder Pal, "SC-FDMA & OFDMA in LTE Physical Layer", *International Jurnal of Engineering Trends and Technology (IJETT), Vol 12 no.2 Juny 2014*.
- [7] Burcu Hanta. (2009/2010). "SC-FDMA and LTE Uplink Physical Layer Design". *Ausgewählte Kapitel der Nachrichtentechnik*.
- [8] Zhang Dapeng. (2012). "Radio Resource Management Based On Genetic Algorithms For OFDMA Network". *Doctor of Philosophy Degree Submitted, School of Electronic Engineering and Computer Science, Queen Mary, University of London*.
- [9] S. L. Hijari and B. Natarajan, "Novel Low-Complexity DS-CDMA MultiuserDetector Based On Ant Colony Optimization", in *Proc. IEEE 60<sup>th</sup> VTC-Fall, Sep. 26-29, 2004, vol. 3, pp. 1939-1943*.
- [10] D.H. Smith and S.M. Allen, "An ANTS Algorithm For The Minimum Span Frequency-Assignment Problem With Multiple Interference", *IEEE trans. Veh. Technol.*, vol.51, no.5, pp. 949-953, Sep.2002.
- [11] R. Hoshyar, S.H. Jamali, and C. Locus, "Ant Colony Algorithm For Finding Good Interleaving Pattern in Turbo Codes", *Proc.Inst. Elect. Eng. Comm. Vol. 147. No.5, pp.257-262, Oct 2000*.
- [12] Frost & Sulhvan *Operations-China*, (n.d) "Global GSM Incremental Market Analysis", <http://www.frost.com/>. [10 November 2015]
- [13] Yu-Jung Chang, Zhifeng Tao, Jinyun Zhang, et.al, "A Graph-Based Approach To Multi-Cell OFDMA Downlink Resource Allocation", *Globecom 2008, LA, USA, Nov. 30 – Des. 4 2008*.

- [14] M.L.F. Herra, A.M. Sanchez, "A Taxonomy For Crossover Operator For Real-Code Genetic Algorithms: An Experimental Study", *International Journal of Intelligent System*, Vol.18, PP.309-338, 2003.
- [15] Marco Dorigo, Thomas Stützle. (2004). "Ant Colony Optimization", London England: MIT Press.
- [16] Zhao Y., Xu X., Hao Z., Tao X., dan Zang P. (2010). "Resource Allocation in Multiuser OFDM System Based On Ant Colony Optimization", IEEE, WCNC, Sydney, Australia.
- [17] Papoutsis, V. D., Fraimis, I. G., dan Kotsopoulos, S. A. (2010). "A Novel Fairness-Aware Resource Allocation Scheme in Multiuser SISO-OFDMA Downlink". *International Journal of Vehicular Technology*, 1-10. doi: 10.1155/2010/432762.
- [18] Gina R. (2015). "Analisis Alokasi Resource Block Arah Uplink Pada Sistem Long Term Evolution Dengan SC-FDMA Menggunakan Algoritma Heuristic". Tugas Akhir Sarjana Pada Fakultas Teknik Elektro, Telkom University.
- [19] Revi Dianawati. (2015). "Simulasi Dan Analisis Pengalokasian Sumber Daya Radio Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) Pada Sistem Long Term Evolution (LTE) Arah Downlink". Tugas Akhir Sarjana Pada Fakultas Teknik Elektro, Telkom University.
- [20] Per Beming, Lars Frid, Göran Hall, et.al. (2007) "LTE-SAE Architecture and Performance", [http://www.ericsson.com/ericsson/corpinfo/publications/review/2007\\_03/files/5\\_LTE\\_SAE.pdf](http://www.ericsson.com/ericsson/corpinfo/publications/review/2007_03/files/5_LTE_SAE.pdf) , [4 Juli 2016].
- [21] Papontis, V.D. Frainis I.G., dan Kotsopoulos SA. (2010). "A Novel Fairness Aware Resource Allocation Scheme In Multiuser SISO-OFDMA Downlink". *International Journal of Vehicular Technology*, 1-10, doi:10.1165/2010/432762
- [22] Alagan Anpalagan and Kaamran Raahemifar Sanam Sadr, "Radio Resource Allocation Algorithms for the Downlink of Multiuser OFDM Communication Systems," *IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS*, vol. 11, 2009.
- [23] Raghutama, A. (2013). *Analisis Pengalokasian Subcarrier pada SC-FDMA Menggunakan Algoritma Genetika*. Tugas Akhir Sarjana pada Fakultas Elektro dan Komunikasi, Institut Teknologi Telkom.

## Lampiran

### 1. Parameter Simulasi

**Tabel 1** Parameter Simulasi Pada Model Single Cell LTE<sup>[8][15]</sup>

Parameter	Asumsi
Layout Seluler	Heksagonal, dengan BS trisektoral
Bandwidth	20 MHz
Frekuensi Subcarrier	15 kHz
Frekuensi Carrier	2 GHz
Bandwidth Tiap RB	180 kHz
Total Power Transmisi BS	20 W
Distribusi User	Uniform
Jumlah TTI	100
Gain Antena BS	14 dBi
Gain Antena User	0 dBi
Penetration Loss	10 dB
Noise Figure UE	7 dB

**Tabel 2** Parameter Algoritma ACO<sup>[8][15][19]</sup>

Parameter	Asumsi
Jumlah Semut	5,10,20,40,80
Jumlah User	5,10,20,40,80
Jumlah Iterasi	5,10,20,40,80
Jumlah RB	5,10,20,40,80

Nilai Awal Feromon	0,5
Parameter Kontrol Nilai Feromon	0,5
Parameter Kontrol Nilai Heuristik	1
Parameter eksploitasi-eksplorasi	3
Laju evaporasi	0,9

