

PENGELOLAAN SUMBER DAYA RADIO DAN MITIGASI INTERFERENSI PADA KOMUNIKASI DEVICE TO DEVICE YANG UNDERLAYING PADA JARINGAN 5G

RADIO RESOURCE MANAGEMENT AND INTERFERENCE MITIGATION FOR DEVICE TO DEVICE COMMUNICATION UNDERLAYING 5G NETWORK

Priatama Yadita¹, Arfianto Fahmi², Vinsensius Sigit³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹ priatamay@student.telkomuniversity.ac.id, ² arfiantof@telkomuniversity.ac.id, ³ vinsensigitwp@gmail.com

Abstrak

Salah satu fitur pada teknologi 5G yang sedang dikembangkan yaitu komunikasi *device to device* (D2D) merupakan solusi penting yang memungkinkan untuk meningkatkan laju data jaringan secara signifikan dan mengurangi beban lalu lintas di sebuah sistem seluler. Komunikasi D2D merupakan fitur yang mampu melayani komunikasi peer to peer sehingga pasangan D2D dapat berkomunikasi secara langsung tanpa harus melewati *Base Transceiver Station* (BTS) dengan cara menggunakan kembali sumber daya dari *cellular user*. Namun komunikasi D2D menyebabkan interferensi yang signifikan pada jaringan seluler ketika pembagian sumber daya radio diantara kedua *device* tersebut. Sehingga untuk mengurangi interferensi yang terjadi saat pengalokasian sumber daya diperlukan algoritma untuk melakukan alokasi sumber daya secara tepat. Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi alokasi sumber daya menggunakan algoritma *heuristic*, algoritma *minimum interference* dan algoritma *random allocation*. Algoritma akan diujikan pada dua skenario yaitu variasi jumlah pasangan D2D dan variasi jarak radius sel. Nilai *data rate*, *fairness* dan efisiensi energi yang didapat dari hasil simulasi akan dibandingkan untuk menentukan algoritma yang paling optimal. Hasil perbandingan yang diperoleh adalah algoritma *heuristic* memiliki nilai *data rate*, *fairness*, dan efisiensi energi yang lebih baik ketika variasi jumlah pasangan D2D dibandingkan algoritma *minimum interference* dan algoritma *random allocation* sehingga cocok digunakan ketika tingkat *complexity* tinggi.

Kata Kunci : seluler, *device to device*, *random allocation*, *minimum interference*, *heuristic*

Abstract

One of the features of 5G technology that is being developed is *device to device* (D2D) communication is an important solution that allows to significantly increase network data rates and reduce traffic loads on a cellular system. D2D communication is a feature that is able to serve peer to peer communication so that D2D partners can communicate directly without having to pass through the *Base Transceiver Station* (BTS) by reusing resources from the *cellular user*. However, D2D communication causes significant interference in cellular networks when sharing radio resources between the two devices. So as to reduce the interference that occurs when allocating resources, an algorithm is needed to make a proper allocation of resources. In this study resource simulation will be simulated using *heuristic* algorithms, *minimum interference* algorithms and *random allocation* algorithms. The algorithm will be tested on two scenarios that is variations in the number of D2D pairs and variations in cell radius distance. The value of *data rate*, *fairness* and energy efficiency obtained from the simulation results will be compared to determine the most optimal algorithm. The comparison results obtained are the *heuristic* algorithm has better *data rate*, *fairness*, and energy efficiency when variations in the number of D2D pairs compared to the *minimum interference* algorithm and *random allocation* algorithm so that it is suitable for use when the level of complexity is high.

Keywords: cellular, *device to device*, *random allocation*, *minimum interference*, *heuristic*

1. Pendahuluan

Dewasa ini, perkembangan kemajuan teknologi terjadi sangat pesat dan signifikan. Hal ini berbanding lurus dengan kebutuhan layanan data yang besar dan memiliki mobilitas tinggi. Layanan Telekomunikasi berbasis seluler (nirkabel) menjadi yang terdepan untuk mencukupi kebutuhan untuk para pengguna layanan data. Menurut laporan *Cisco Visual Network Index* (VNI) menuliskan bahwa trafik data *mobile* mencapai angka 11 *exabyte* per bulan di tahun 2017 dan akan terus meningkat setiap tahun nya, hingga pada akhir tahun 2021 trafik data *mobile* menyentuh angka 49 *exabyte* per bulan [1]. Tingginya trafik data *mobile* akan menyebabkan kepadatan di sisi *Base Transceiver Station* (BTS). Untuk mengurangi kepadatan trafik layanan komunikasi tersebut, maka pada teknologi 5G akan disediakan fitur *Device to Device* (D2D). Fitur ini memungkinkan *User Equipment* (UE) berkomunikasi secara langsung tanpa melewati BTS atau bisa disebut juga *enode B* (eNB) [2]. Namun, untuk memungkinkan komunikasi D2D di jaringan seluler terdapat tantangan utama yaitu ketika jumlah pasangan D2D melebihi *cellular user* sehingga terdapat beberapa pasangan

D2D yang tidak mendapatkan *Resource Block* (RB) untuk membuat jalur *uplink* ke BTS. Selain itu interferensi yang disebabkan oleh *cellular user* dapat mempengaruhi kinerja pasangan D2D secara signifikan. Sehingga dibutuhkan algoritma khusus untuk melakukan skema alokasi RB dengan memperhatikan nilai interferensi untuk memaksimalkan pemanfaatan spektrum dalam menyikapi masalah di atas. Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis sedikit banyak terinspirasi dan mereferensi dari penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan latar belakang masalah pada penelitian ini. Adapun penelitian yang berkaitan dengan tugas akhir ini adalah penelitian yang dilakukan oleh Zeineb Guizani tahun 2016, dengan judul “*Spectrum Resource Management and Interference Mitigation for D2D Communication with Awareness of BER Constraint in mmWave 5G Underlay Network*” [7]. Penelitian ini dilakukan pada kondisi sel dengan frekuensi tinggi yaitu 30 GHz dan algoritma yang digunakan adalah algoritma *heuristic* yang memiliki parameter output berupa *satisfaction ratio* dengan memperhatikan nilai *Bit Error Rate* (BER) pada suatu sistem. Pada tugas akhir ini, algoritma yang akan digunakan untuk alokasi RB adalah algoritma *heuristic*, algoritma *minimum interference*, dan algoritma *random allocation* dengan menggunakan jaringan yang *underlay* pada jaringan 4G LTE yang memiliki frekuensi *carrier* sebesar 1,8 GHz. Sementara untuk parameter performansi output yang akan diujikan adalah nilai *data rate* rata-rata, *fairness*, dan efisiensi energi. Kemudian hasil performansi dari ketiga algoritma akan diujikan pada 2 skenario pengujian, yaitu variasi jumlah pasangan D2D dan variasi jarak radius sel. Lalu berdasarkan nilai-nilai yang didapat penulis mampu menarik kesimpulan mengenai algoritma yang memiliki nilai paling optimal.

2. Dasar Teori

A. Teknologi 5G

Fifth Generation (5G) adalah sebuah istilah yang digunakan untuk menyebut generasi kelima sebagai fase berikutnya dari standar telekomunikasi seluler. Teknologi 5G direncanakan akan resmi dirilis pada tahun 2020. 5G hadir untuk memenuhi permintaan *mobile broadband* yang terus meningkat. Ini terdiri *packet switched* sistem nirkabel menggunakan *orthogonal frequency division multiplexing* (OFDM) dengan cakupan wilayah yang luas, *data rate* yang tinggi pada gelombang milimeter (10 mm sampai 1 mm) yang mencakup rentang frekuensi 30 GHz sampai 300 GHz, dan memungkinkan tingkat kecepatan data 20 Mbps sampai jarak 2 km. *Millimeter wave* memiliki *bandwidth* serta kecepatan *data rate* yang paling memungkinkan untuk dipakai pada teknologi 5G [3].

B. Radio Resource Management (RRM) untuk Komunikasi D2D

Untuk mendapatkan *data rate* yang maksimal, komunikasi D2D harus bisa dioperasikan dalam berbagai mode [4]. Mode yang ada pada komunikasi D2D dapat di kategorikan sebagai berikut :

a. Silent Mode

Ketika sumber daya yang tersedia tidak mencukupi untuk mendukung trafik D2D dan spektrum reuse tidak memungkinkan disebabkan oleh masalah interferensi, perangkat D2D tidak dapat mentransmisikan data dan harus tetap dalam mode silent.

b. Reuse Mode

Perangkat D2D secara langsung mengirimkan data dengan menggunakan kembali beberapa sumber daya dari jaringan seluler. Spektrum reuse bisa digunakan di komunikasi uplink atau komunikasi downlink.

c. Dedicated Mode

Jaringan seluler mendedikasikan sebuah porsi dalam sumber daya untuk perangkat D2D untuk komunikasi secara langsung.

d. Cellular Mode

Trafik D2D disampaikan melalui eNB dengan cara tradisional.

Mode reuse adalah mode yang paling baik dalam hal efisiensi spektrum. Performansi sistem dapat ditingkatkan dengan optimisasi daya transmisi. Di samping itu, dedicated mode dan cellular mode meringankan tugas dari pengaturan interferensi. Daya transmisi maksimum dapat digunakan dengan beberapa mode ini untuk menyediakan performansi sistem yang terbaik karena link D2D tidak mengganggu pengguna seluler lain. Bagaimanapun, 2 mode ini mungkin tidak memanfaatkan efisiensi sumber daya untuk memaksimalkan *throughput* jaringan keseluruhan. Salah satu isu utama dalam komunikasi D2D adalah bagaimana memilih mode transmisi yang optimal untuk *link* D2D sehingga *throughput* jaringan keseluruhan maksimal dan kebutuhan *Quality of Service* (QoS) dalam link komunikasi tercukupi.

C. Pathloss

Pathloss merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengukur rugi-rugi pada suatu saluran transmisi. *Pathloss* saluran antara eNB dan pengguna seluler maupun D2D ditentukan menggunakan rumus berikut [5].

$$L_{dB}(d) = 36,7 \log_{10}(d) + 22,7 + 26 \log_{10}(f_c) \quad (1)$$

Dengan d adalah jarak antara eNB dan *cellular user* meter (m), f_c adalah frekuensi *carrier* (GHz).

D. Signal to Interference Noise Ratio (SINR)

Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR) adalah jumlah yang digunakan untuk memberikan batas atas teoritis pada kapasitas saluran / tingkat transfer informasi dalam sistem komunikasi nirkabel seperti jaringan. Mirip dengan SNR yang sering digunakan dalam sistem komunikasi kabel, SINR didefinisikan sebagai kekuatan sinyal tertentu yang dibagi dengan jumlah kekuatan interferensi (dari semua sinyal terima lainnya) dan kekuatan beberapa kebisingan (*noise*) [6]. SINR dan penghitungan *data rate* SINR dari pengguna seluler dan D2D harus dihitung dan dianggap sebagai parameter penting untuk memaksimalkan *data rate* sistem. SINR pengguna seluler u_i dapat diberikan oleh [6].

$$SINR = \frac{P}{I + N_o} \quad (2)$$

$$N_o = k * T * BW \text{ per subcarrier} \quad (3)$$

Dengan P adalah daya *transmitter*, I adalah daya penginterferensi yang diterima dan N_o adalah *noise* termal dengan k adalah konstanta *boltzmann* dan T adalah suhu.

E. Data Rate

Data rate merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mentransmisikan sebuah data. *Data rate* pada penelitian kali ini merupakan salah satu parameter performansi yang akan diujikan. Nilai *Data rate* yang diberikan oleh persamaan Shannon adalah sebagai berikut [5].

$$R = B \times \log_2 (1 + SINR) \quad (4)$$

R adalah nilai *data rate* dan nilai B merupakan *bandwidth* dari *resource block*.

F. Algoritma Heuristic

Proses alokasi menggunakan algoritma heuristic diawali dengan mencari nilai *data rate* terbesar dari masing-masing *cellular user* setelah itu *cellular user* yang terpilih akan dilihat nilai interferensi dan nilai interferensi yang paling bagus akan dipilih untuk di alokasikan kepada pasangan D2D. Proses tersebut memungkinkan terus diulang hingga semua pasangan D2D mendapatkan *resource block* yang diperlukan. Berikut merupakan diagram alur untuk algoritma *heuristic*. Jika semua pasangan D2D sudah mendapatkan RB maka dihitung nilai *data rate*, *fairness*, dan efisiensi energi pada tiap pasangan D2D [7].

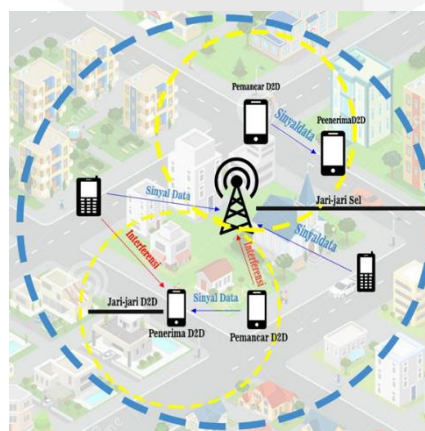
G. Algoritma Random Allocation

Algoritma ini merupakan salah satu algoritma pembandingan pada penelitian ini. Dalam alokasi random, perangkat D2D ke- n akan diberi *resource block* ke- n di antara semua RB. Karena sifatnya *random*, beberapa RB dapat digunakan secara besar-besaran sementara beberapa tidak digunakan [8].

H. Algoritma Minimum Interference

Kelemahan dari alokasi random adalah algoritma tidak menyadari kondisi saluran dari *cellular user* dan pasangan D2D oleh karena itu penulis menambahkan algoritma pembandingan lainnya. Untuk menghindari gangguan interferensi yang parah, algoritma alokasi *minimum interference* menggunakan lebih *channel gain* untuk memperkirakan gangguan. Gangguan diperkirakan terdiri dari gangguan yang diterima pada penerima D2D dan gangguan yang dihasilkan oleh pemancar D2D. Saluran D2D akan ditugaskan mencari gangguan paling minimal agar dapat terhubung dan berkomunikasi. Berikut merupakan algoritma dari alokasi *minimum interference* yang akan diterapkan pada komunikasi D2D [8].

I. Model Sistem



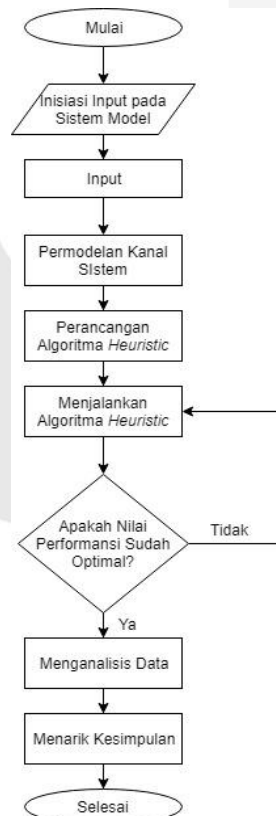
Gambar 1 Model Sistem

Sistem dimodelkan dengan sebuah sel pada mode komunikasi *uplink* yang mampu melayani komunikasi D2D pada pasangan D2D dan *Cellular User* dengan frekuensi *carrier* pada sel sebesar 1,8 GHz dan *Bandwidth resource block* sebesar 180 KHz. Radius sel pada penelitian ini memiliki jari-jari radius sebesar 500 m yang ditunjukkan dengan garis biru putus-putus pada gambar sementara untuk jarak maksimal antar pasangan D2D sebesar 35 m yang digambarkan dengan garis kuning putus-putus. Pada pusat sel terdapat eNB yang diasumsikan hanya melayani *cellular user* sehingga pasangan D2D harus menggunakan *resource block* pada *cellular user*. Karakteristik parameter pada sistem model ini dapat dilihat pada Tabel 1 berikut [7].

Tabel 1 Karakteristik Pengujian

Parameters	Nilai
Jumlah <i>cellular user</i>	40
Jarak maksimal antar pasangan D2D	35 m
Frekuensi <i>Carrier</i>	1,8 GHz
Daya transmit <i>cellular user</i>	1 watt
Daya transmit D2D	0,1 watt
<i>Bandwidth</i> RB	180 KHz
<i>Rayleigh</i>	Random

J. Diagram Alir Perancangan Sistem

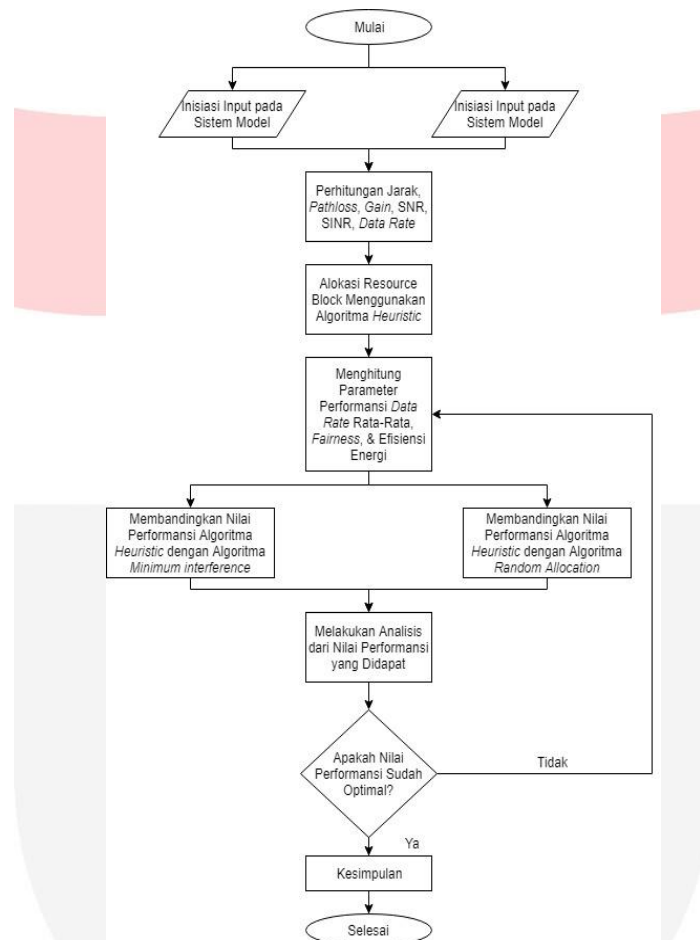


Gambar 2 Diagram alur penelitian

Pertama untuk membuat sebuah desain sistem dengan berbagai komponennya adalah menentukan radius sel yang digunakan. Lalu setelah itu sebar *cellular user* dengan jarak *random* namun tidak lebih besar dari radius sel. Setelah itu

sebar secara acak D2D *receiver* dan D2D *transmitter* dengan jarak yang tidak melebihi dari 35 m. Ketika semua komponen pada sistem desain sudah disebar cari perhitungan untuk menentukan jarak antara EnB dengan *cellular user*, EnB dengan D2D, dan D2D dengan *cellular user* pada satuan meter. Lalu hasil perhitungan jarak tersebut digunakan untuk mencari nilai *gain*, *pathloss*, interferensi yang terjadi saat komunikasi berlangsung, SINR, dan SNR. Jika semua nilai sudah didapatkan maka nilai tersebut akan dijadikan input untuk menjalankan algoritma *heuristic*. Ketika algoritma *heuristic* sudah selesai dijalankan maka hasil performansi nya yang berupa *data rate*, *fairness*, dan efisiensi energi akan dibandingkan dengan algoritma *minimum interference* dan *random allocation*. Setelah hasil perbandingan didapatkan maka penulis dapat menganalisis pada saat seperti apakah algoritma *heuristic* mampu bekerja dengan optimal.

K. Skenario Simulasi



Gambar 3 Diagram alur skenario simulasi

Pada sistem yang penulis gunakan terdapat 2 skenario teknis pengujian yang akan digunakan sebagai inisiasi input pada sistem model. Yaitu sebagai berikut.

1. Skenario pertama adalah saat jumlah pasangan D2D divariasikan dari 20 – 40 perangkat pasangan dengan kenaikan 5 sehingga jumlahnya sama dengan jumlah *cellular user* yaitu 40 perangkat. Sementara jarak radius sel sebesar 500 m dan jarak maksimal antarpasangan D2D sebesar 35 m
2. Skenario kedua adalah saat jarak radius sel divariasikan dari 500 – 1000 m dengan kenaikan 100. Nilai jarak maksimal antarpasangan D2D sebesar 35 m, jumlah *cellular user* sebanyak 40, dan jumlah pasangan D2D adalah 20.

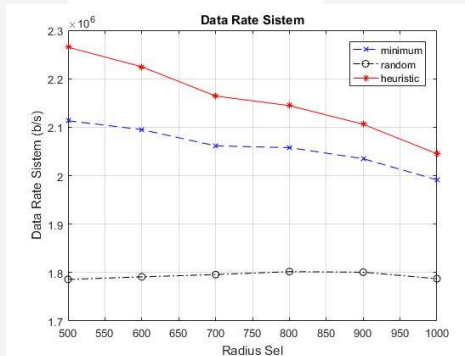
3. Hasil

Pada Skenario ini nilai yang akan divariasikan yaitu radius sel suatu sistem, nilai yang akan divariasikan dimulai dari 500 m sampai dengan 1000 m dengan nilai kenaikan setiap 100. Jumlah *cellular user* sebanyak 40 jumlah pasangan D2D sebanyak 20 dan jarak antar pasangan D2D sejauh 35 m. Tabel dibawah merupakan hasil rata-rata nilai *data rate* sistem saat diujikan pada kedua skenario.

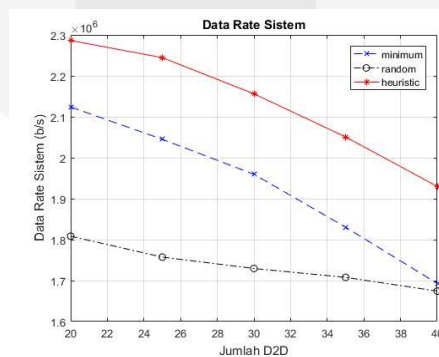
Tabel 2 Nilai *Data Rate* Rata-Rata Sistem.

Skenario	Algoritma		
	Heuristic	Min. Int	Random
Variasi Jarak Radius Sel	2,1566	2,0589	1,7938
Variasi Jumlah Pasangan D2D	2,1335	1,9304	1,7335

Berikut merupakan hasil grafik nilai *data rate* saat skenario variasi jarak radius sel dan variasi jumlah pasangan D2D dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4 *Data rate* sistem saat skenario radius sel.



Gambar 5 *Data rate* sistem saat skenario jumlah pasangan D2D.

4. Kesimpulan

Pada skenario pertama yaitu variasi jumlah D2D semakin banyak pasangan D2D di suatu sistem akan membuat nilai *data rate*, dan *fairness* pada sistem tersebut semakin kecil dikarenakan interferensi yang terjadi juga semakin besar. Sementara nilai efisiensi energi akan menjadi lebih besar dikarenakan semakin banyak data yang ditransmisikan. Nilai rata-rata *data rate* untuk setiap algoritma adalah 2,1335 Mb/s untuk algoritma *heuristic*, 1,9304 Mb/s untuk algoritma *minimum interference*, dan 1,7355 Mb/s untuk algoritma *random allocation*. Pada skenario kedua yaitu variasi jarak radius sel semakin besar nilai jarak radius sel di suatu sistem akan membuat nilai *data rate*, *fairness*, dan efisiensi energi pada sistem tersebut semakin kecil dikarenakan *gain* pada *device* di sistem tersebut juga menjadi semakin kecil. Nilai rata-rata *data rate* untuk setiap algoritma adalah 2,1566 Mb/s untuk algoritma *heuristic*, 2,0589 Mb/s untuk algoritma *minimum interference*, dan 1,7938 Mb/s untuk algoritma *random allocation*. Berdasarkan hasil simulasi algoritma *heuristic* bekerja optimal ketika kondisi sistem memiliki kepadatan jumlah pasangan D2D dikarenakan memiliki nilai yang lebih unggul di bandingkan algoritma pembanding. Sementara algoritma *heuristic* bekerja kurang optimal ketika suatu sistem memiliki jarak radius sel yang sangat besar dikarenakan nilai performansi pada algoritma *heuristic* cenderung menurun dengan selisih yang lebih besar dibanding dengan algoritma pembandingnya.

Daftar Pustaka:

- [1] "Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update 2014-2019," 2015.
- [2] P. Phunchongharn, E. Hossain dan D. I. Kim, "Resource Allocation for Device-to-Device Communications Underlaying LTE-Advanced Networks," IEEE, 2013.
- [3] Kum ar, Suneel, Tarun Agrawal, Prasant Singh. "A Future Communication Technology: 5G". International Journal of Future Generation Telecommunication and Networking Vol. 09 No. 01 (2016): 303-310.
- [4] Y. Zhang, E. Pan, L. Song, W. Saad, Z. Dawy dan Z. Han, "Social Network Aware Device-to-Device Communication in Wireless Networks," IEEE, 2015.
- [5] Mohammad Tauhidul Islam, Abd-Elhamid, Selim Aki, Salimur Choudhury, "Two-phase auction-based fair and interference allocation for underlaying d2d Communication", IEEE International Conference of Communication (ICC) 2016. doi : 10.1109/ICC.2016.7511460.
- [6] Monowar Hasan and Ekram Hossain, "Distributed Resource Allocation in 5G Cellular Networks," Book chapter in Towards 5G: Applications, Requirements and Candidate Technologies, Wiley, 2015.
- [7] Guzani, Zaenab "Spectrum Resource Management and Interference Mitigation for D2D Communications with Awareness of BER Constraint in mmWave 5G Underlay Network." IEEE, 2016
- [8] Marco Belleschi, Gábor Fodor, Demia Della Penda, Aidilla Pradini, Mikael Johansson, and Andrea Abrardo, "Benchmarking Practical RRM Algorithms For D2D Communications in LTE Advanced," Wireless Personal Communications, pages 1–28, 2013.