

ANALISIS ALOKASI SUMBER DAYA PADA *COGNITIVE RADIO NETWORK* MENGGUNAKAN ALGORITMA ANT COLONY SYSTEM DENGAN MODIFIKASI PADA *ANT MATRIX*

Analysis Resources Allocation in Cognitive Radio Network Using Ant Colony System Algorithm With Modified In Ant Matrix

Izat Sidrati¹, Dr.Nachwan Mufti Adriansyah, S.T., M.T.², Vinsensius Sigit Widhi Prabowo, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹ izatsidrati@student.telkomuniversity.ac.id, ² nacwhanma@telkomuniversity.ac.id, ³ vinsensigitwp@gmail.com

Abstrak

Berkembangnya teknologi dewasa ini semakin terasa lebih maju dan cepat dalam perubahannya selaras dengan kebutuhan manusia dalam berkomunikasi menggunakan layanan jaringan internet. Meningkatnya penggunaan perangkat dengan berbasis jaringan internet mengakibatkan semakin menipisnya sumber daya spektrum karena dalam penggunaannya yang tidak efisien, sehingga banyak spektrum yang terbuang percuma. *Cognitive Radio Network (CRN)* menjadi salah satu solusi dalam menerapkan efisiensi penggunaan spektrum secara efisien pada perangkat yang menggunakan sumber daya spektrum. Penelitian ini berfokus pada alokasi sumber daya dalam jaringan radio kognitif dengan menggunakan algoritma *Ant Colont System (ACS)* berdasarkan modifikasi pada *ant matrix* yang terinspirasi dari hewan semut yang hidup berkoloni dalam mencari makanan dengan menggunakan senyawa organik bernama *Pheromone* untuk mengambil keputusan pemilihan lintasan yang terdekat. Hasil dari Tugas Akhir ini dengan menggunakan algoritma *Ant Colony System* dengan modifikasi pada *ant matrix* mendapatkan nilai rata-rata *data rate* sebesar $1,4554 \times 10^6$ bps untuk PU dan $1,6064 \times 10^6$ bps untuk SU, efisiensi spektral 10,2041 b untuk PU dan 15,013 b untuk SU, efisiensi energi $1,38 \times 10^7$ b/sWatt untuk PU dan $1,435 \times 10^7$ untuk SU, dan *fairness* 0,73871 untuk PU dan 0,7589 untuk SU.

Kata Kunci: *Cognitive Radio Network*, Alokasi Sumber Daya, *Ant Colony Algorithm*, *Ant Matrix*.

Abstract

The development of technology today increasingly feels more advanced and faster in its changes in harmony with human needs in communicating using internet network services. Increased use of internet-based devices results in the depletion of spectrum resources because in their ineffective use, a lot of spectrum is wasted. *Cognitive Radio Network (CRN)* is one of the solutions in implementing efficient use of spectrum effectively on devices that use spectrum resources. This research focuses on the allocation of resources in cognitive radio networks using the *Ant Colont System (ACS)* algorithm based on modifications to the *ant matrix* inspired by ant animals that live in colonies in searching for food using organic compounds called *Pheromone* to make decisions on the choice of the nearest trajectory. The results of this final project using the *Ant Colony System* algorithm with modifications to the *ant matrix* get an average *data rate* of 1.4554×10^6 bps for PU and 1.6064×10^6 bps for SU, spectral efficiency 10.2041 b for PU and 15.013 b for SU, energy efficiency of 1.38×10^7 b / sWatt for PU and $1,435 \times 10^7$ for SU, and *fairness* of 0.73871 for PU and 0.7589 for SU.

Keywords: *Cognitive Radio Network*, Resource, *Ant Colony Algorithm*, *Ant Matrix*..

1. Pendahuluan

Cognitive Radio (CR) merupakan sebuah konsep baru pada bidang telekomunikasi yang bersangkutan dengan alokasi spektrum[1]. Pada era Sekarang teknologi tumbuh dengan cepat seiring dengan banyaknya kebutuhan manusia, berbagai teknologi diciptakan untuk mempermudah manusia dalam beraktivitas seperti contohnya smarspace. Smartspace semacam itu akan membutuhkan perangkat yang terhubung dengan internet dan tentunya perangkat tersebut bergantung pada sumber daya spektrum, sehingga perangkat tersebut memerlukan sumber daya spektrum yang banyak untuk mengirimkan data dengan jumlah besar[2]. Penggunaan spektrum yang tidak tepat akan menyebabkan masalah dalam hal keterbatasan sumber daya spektrum karena banyaknya spektrum utama yang tidak dipergunakan dengan baik sehingga akan ada kemungkinan sumber daya spektrum akan sulit ditemukan pada masa mendatang. Dalam hal meningkatkan efisiensi pemamfaatan spektrum secara efisien teknologi radio kognitif dipercaya untuk mengatasi permasalahan penggunaan spektrum, dengan adanya teknologi ini tidak akan ada lagi spektrum yang terbuang[2].

Jurnal ini membahas tentang alokasi *resource* pada CRN menggunakan algoritma *ant colony* dengan modifikasi

pada *ant matrix*. Keluaran yang diharapkan yaitu, spektrum bisa lebih efisien ketika menggunakan algoritma ini, sehingga spektrum dapat digunakan secara optimal dan meminimalkan gangguan-gangguan yang ada.

2. Dasar Teori

2.1 Cognitive Radio Network (CRN)



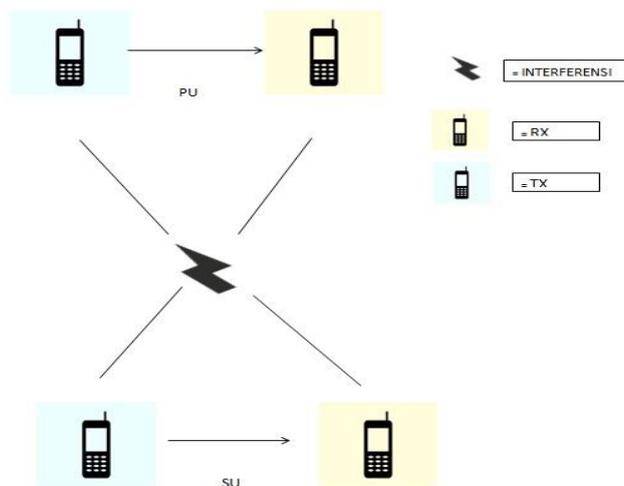
Gambar 1 Komunikasi Cognitive Radio Network

Cognitive Radio Network (CRN) merupakan suatu set jaringan heterogen yang terdiri dari beberapa *user* dimana mekanisme dalam akses saluran dilakukan secara dinamis yang artinya *user* dapat memanfaatkan saluran ketika melakukan proses mengirim dan menerima data dari *user* lain dengan bergantung kepada kekuatan sinyal ketika menggunakan saluran untuk melakukan komunikasi[1]. CRN bisa dibilang menjadi kunci teknologi dalam menerapkan *Opertunistic Spectrum Access* (OSA) sehingga dapat meringankan pengelolaan spektrum yang parah dan semakin mengalami kelangkaan [3] dengan cara memanfaatkan ketersediaan spektrum yang ada untuk keperluan komunikasi yang efisien tanpa adanya hambatan.

Pada CRN terdapat beberapa komponen penting diantaranya

- a. *Primery Network* adalah jaringan yang memiliki lisensi untuk menggunakan pita spektrum tertentu namun pengguna jaringan primer memiliki prioritas utama untuk mengakses spektrum karena memiliki lisensi spektrum..
- b. *Secondary Network* adalah jaringan yang hanya dapat beroperasi pada saluran tertentu saja atau tidak memiliki akses penuh untuk menggunakan spektrum karena tidak memiliki lisensi spektrum.

3. Sistem Model



Gambar 2 Sistem Model

Sistem model yang digunakan pada Tugas Akhir memiliki Frekuensi *Carrier* 1800 MHz dengan *bandwidth Resource Block* (RB) 180 KHz dan memiliki *radius cell* 450 meter dengan satu lingkup *cell* yang didalamnya terdapat TxPU, RxPU, TxSU, dan RxSU dengan jarak maksimal 45 meter tiap perangkat. Tiap komponen yang berada didalam *cell* tersebar secara acak, serta mengetahui posisi masing-masing dari setiap *user* dan *user* dianggap

tidak bergerak pada satu kali pengamatan. Pemodelan sistem dilakukan dengan skenario transmisi *uplink* dimana TxPU melakukan *broadcast* sinyal *uplink* kearah RxPU dan perangkat melakukan komunikasi seperti pada Gambar 2. Oleh karena itu, PU hanya mengalami interferensi yang disebabkan oleh SU.

4. Algoritma yang digunakan

Jurnal ini menggunakan algoritma *Ant Colony System* dengan modifikasi pada *Ant Matrix* sebagai algoritma utama, algoritma *Greedy* dan algoritma *Random* sebagai algoritma pembanding, untuk mengalokasikan sumber daya.

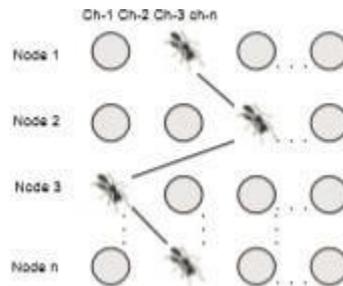
4.1 Algoritma *Greedy*

Algoritma *Greedy* merupakan algoritma yang dapat memecahkan masalah dengan cara membuat pilihan dengan melihat indeks nilai yang tertinggi. Pada proses pengalokasian menggunakan algoritma *greedy*, jalur yang akan digunakan akan menggunakan jalur yang memiliki nilai yang tertinggi untuk nilai yang rendahnya akan dibuat nol yang akan dibuat dalam bentuk matrik. Algoritma ini dipilih karenadilihat dari penelitian yang sudah pernah dilakukan hasilnya menunjukkan pengaruh yang baik dalam hal data *rate*, *fairness*, efisiensi spektral, dan efisiensi energi[9].

4.2 Algoritma *Random*

Algoritma ini merupakan pembanding pada penelitian yang penulis lakukan, proses pengalokasian sumber daya pada algoritma ini tidak memikirkan untung atau rugi. Step yang telah dilalui untuk pengalokasian ke SU maupun PU.

4.3 Algoritma *Ant Colony System*



Gambar 3 *Ant Matrix*

ACS terinspirasi dari kawanan semut untuk mencari makanan dengan melakukan perjalanan dari sarang menuju sumber makanan begitu pula sebaliknya. Semut sendiri memanfaatkan senyawa organik bernama *pheromone* dalam pemilihan lintasan. Seiring dengan proses perjalanan beberapa semut akan sampai ke tempat sumber makanan berada, namun setiap jalan yang telah dilalui oleh semut akan menguap sehingga penguapan tersebut mendorong para semut untuk mencari solusi dengan menemukan lintasan terpendek baru.

Berdasarkan pada Gambar di atas pergerakan pada intensitas semut bergantung pada intensitas *pheromone* dalam lintasan yang sudah dilalui oleh semut sebelumnya. Pada penelitian kali ini akan menggunakan ACN dimana pemilihan lintasan akan bergantung pada probabilitas informasi nilai data *rate* yang telah dilalui oleh PU maupun SU.

Probabilitas gerakan *user* dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{ij}^k = \begin{cases} \arg \max(\tau(i, j)), & \text{if } q \leq q_0 \\ \frac{\tau(i, j)}{\sum \tau(i, s)}, & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (3.1)$$

Sistem akan menghasilkan angka acak q dimana q_0 merupakan angka konstan $[0,1]$, merupakan probabilitas pergerakan *user* k dari kota i menuju kota j . merupakan nilai *pheromone* ke kota j , sementara merupakan nilai *pheromone* kota yang belum pernah didatangi.[1] Pada penelitian kali ini akan memodifikasi model matriks yang sudah ada untuk digunakan dalam pengambilan keputusan pemilihan lintasan dengan menggunakan parameter Interferensi yang terkecil.

4.2.1 Pembaruan *Pheromone Trails*

Pembaruan *Pheromone Trail* dianggap sebagai suatu proses ketika terjadi penguapan senyawa organik *pheromone* lalu kemudian mencari saluran yang baru. Dalam ACS terdapat dua mekanisme dalam memperbaharui *pheromone* yaitu *pheromone* lokal dan global. Pada *pheromone* lokal bertujuan untuk menghindari kemungkinan terjadinya konvergensi lokal yang terjadi terlalu cepat dengan demikian kemungkinan semut melintasi jalur terbaik lainnya meningkat. *Pheromone* lokal dirumuskan sebagai berikut :

$$\tau_{ij} = (1 - \rho)\tau_{ij} + \rho\tau_0 \quad (3.2)$$

Dimana ρ merupakan koefisien untuk penguapan *pheromone* dan τ_{ij} merupakan bilangan *pheromone* awal. Ketika semua-semut menyelesaikan perjalanan mereka, semut akan menghasilkan lintasan paling efisien. Kemudian *pheromone* global dirumuskan sebagai berikut:

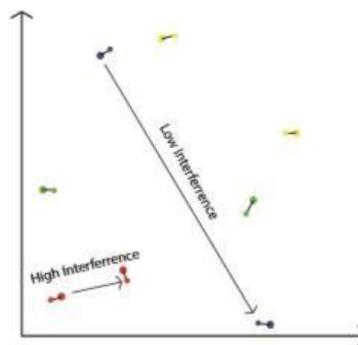
$$\tau_{ij} = (1 - \rho)\tau_{ij} + \rho\delta_{\tau} \tag{3.3}$$

$$\delta_{\tau} = \frac{Q}{C_{beast}} \tag{3.4}$$

Dimana Q merupakan nilai konstan yang dikontrol, sementara C_{beast} merupakan Throughput terbaik yang didapat.[1]

4.2.2 Fitness Function

Interferensi terjadi akibat beberapa node yang saling berdekatan sehingga node yang saling berdekatan itu menggunakan saluran yang sama. Ketika node i melakukan pengiriman data paket akan berdampak pada transmitter j yang menggunakan saluran yang sama dapat merasakan seperti yang transmitter dari node i.



Gambar 4 Model *interferensi*[1]

Agar dapat mengirimkan data paket seharusnya semua node memiliki daya pancar yang sama dengan asumsi S merupakan kekuatan sinyal dari pemancar melalui penerima seperti pada rumus berikut:

$$S = G p \tag{3.5}$$

Dimana G merupakan gain dari transmitter menuju receiver sementara p merupakan daya pancar dari setiap node. Setelah mendapatkan nilai daya pancar selanjutnya melakukan hal yang sama untuk interferensi yang terjadi pada node yang saling berdekatan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I = \sum_{j \neq i}^M G_j^i p_j^i \tag{3.6}$$

Dimana M merupakan saluran yang sama digunakan, $j \neq i$ menunjukkan node yang kemungkinan mengalami interferensi G_j^i merupakan gain antara node i dan j sementara P_j^i merupakan daya pancar antara transmitter j dan transmitter i.[1]

Pada penelitian ini juga mempertimbangkan interferensi sehingga rumus perbandingan sinyal terhadap interferensi dirumuskan sebagai berikut:

$$- \tag{3.7}$$

Dalam proses perjalanan semut mencari lintasan mendorong terjadinya proses pembaruan global *pheromone* dimana nantinya hasil throughput yang diperoleh akan dibandingkan sehingga dapat digunakan dalam fungsi pembaruan global *pheromone*. Perhitungan throughput dengan menggunakan pendekatan teorema Shannon sebagai berikut:

$$\tag{3.8}$$

$$\Sigma \tag{3.9}$$

B merupakan nilai bandwidth, i merupakan indeks maksimum throughput dari *user* terbaik pada setiap iterasi, dan r_i adalah nilai data *rate* dari suatu node.[1]

4.2.3 Ant Matrix

Ant Matrix merupakan metode dalam pemilihan jalur pada ACS dimana melihat perilaku hewan semut yang meninggalkan senyawa kimia bernama *pheromone* untuk mengambil keputusan pemilihan jalur yang dipilih menuju sumber makanan dari sarang mereka. Pada matriks ini sangat bergantung pada tingkat intensitas dari

pheromone tersebut karena semakin tinggi intensitas *pheromone* peluang jalur tersebut terpilih menjadi tinggi. Pada ACS sendiri akan memanfaatkan pemilihan jalur dengan menggunakan probabilitas dari informasi nilai *pheromone* yang dapat dirumuskan berdasarkan dari gerakan para semut tersebut

Tabel 2 Pseudocode Alokasi Algoritma Ant Colony

Algoritma(3): Alokasi menggunakan Ant Colony System

```

1. Inisiasi populasi
hasil populasi = jumlah_SU, jumlah_PU
2. Generate angka acak q
mrandomQ = random(jumlah_SU, jumlah_PU);
for i = 1 : jumlah_SU
  for j = 1 : jumlah_PU
    tou (i, j) = log2 (1+(drSINRsistem (i,j)/(-log(5*BER)/1.5)));
  end
end
3. Local update Pheromone untuk semua kota
updateTou1=zeros(jumlah_SU,jumlah_PU);
for i=1:jumlah_SU
  for j=1:jumlah_PU
    if Pnk1(i,j)==1
      updateTou1(i,j)=(1-p)*tou(i,j)+(p*pt0);
    end
  end
end
4. Global Update Pheromone
for i=1:hasil.jumlah_SU hasil.tempfpMax1(i) =
  hasil.fp1; hasil.tempfpMax2(i) = hasil.fp2;
  hasil.tempUpdateTou1 {i} = hasil.updateTou1;
  hasil.tempUpdateTou2 {i} = hasil.updateTou2;
end
hasil.totalMaxfp1 = max(hasil.tempfpMax1);
hasil.totalMaxfp2 = max(hasil.tempfpMax2);
for i=1:hasil.jumlah_SU
  if hasil.tempfpMax1(i) == hasil.totalMaxfp1
    hasil.hasilAkhirtou1 = hasil.tempUpdateTou1 {i};
  end
  if hasil.tempfpMax2(i) == hasil.totalMaxfp2
    hasil.hasilAkhirtou2 = hasil.tempUpdateTou2 {i};
  end
end
if hasil.totalMaxfp1 > hasil.totalMaxfp2
  hasil.hasilFinalTou = hasil.hasilAkhirtou1;
else
  hasil.hasilFinalTou = hasil.hasilAkhirtou2;
end
for i=1:hasil.jumlah_SU
  for j= 1:jumlah_PU
    if hasil.hasilFinalTou(i,j) ==0
      hasil.hasilFinalTou(i,j)=1;
    end
  end
end
total=hasil.hasilFinalTou;

```

5. Pembahasan

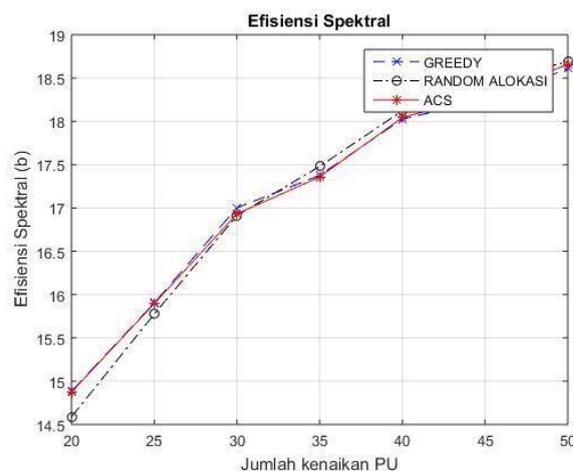
Tabel 1 Parameter Simulasi

Parameter	Skenario PU	Skenario SU
<i>Radius Cell</i>	450 meter	450 meter
Frekuensi <i>carrier(fc)</i>	1,8 GHz	1,8 GHz
<i>Bandwidth RB</i>	180 KHz	180 KHz
Power Transmit	0,1	0,1
Jumlah TTI per Pengamatan	1000	1000
Jumlah <i>User PU</i>	20-50 <i>user</i> dengan kenaikan 5 <i>user</i> per simulasi	50 <i>user</i>
Jumlah <i>User SU</i>	50 <i>user</i>	20-50 <i>user</i> dengan kenaikan 5 <i>user</i> per simulasi

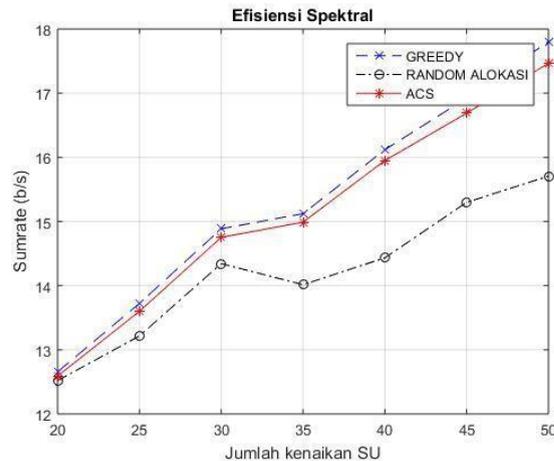
5.1 Efisiensi Spektral

Pada radio kognitif receiver dilengkapi dengan spektrum analyzer yang berfungsi untuk mendeteksi wilayah spektrum yang kosong dengan tepat dan detail seperti lokasi serta seberapa lebar spektrum.

Pada sisi performansi efisiensi spektral, algoritma yang terbaik adalah algoritma Greedy dengan nilai rata-rata 10,20573 b, algoritma kedua terbaik adalah algoritma ACS dengan nilai rata-rata 10,2041 b, dan algoritma kurang memuaskan adalah algoritma random dengan nilai rata-rata 10,179531 b. Hal ini disebabkan karena jumlah resource yang tersedia didalam sistem semakin banyak. Jika sumrate sistem semakin besar saat PU semakin banyak, maka efisiensi spektral dalam sistem semakin turun. Hal ini disebabkan karena semakin banyak jumlah PU maka sistem tidak bekerja dengan optimal. Banyak PU yang tidak digunakan. Rata- rata nilai *data rate* rata-rata saat PU sebanyak 50, *data rate* sistem terbaik yang didapat adalah $2,1311 \times 10^6$ bps sedangkan rata- rata nilai *data rate* saat SU sebanyak 50, *data rate* sistem terbaik yang didapat adalah $1,6379 \times 10^6$ bps.



Gambar 5 Perbandingan Efisiensi Spektral PU



Gambar 5 Efisiensi Spektral SU

5. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini, yaitu sebagai berikut:

1. Pada performansi sumrate, nilai sumrate akan bernilai besar seiring dengan meningkatnya jumlah user yang menggunakan sistem komunikasi dengan memiliki nilai sumrate sistem adalah $1,3786 \times 10^8$ b/s.
2. Pada Pada performansi data rate rata-rata, nilai data rate rata-rata bernilai besar jika menambahkan jumlah PU dan akan bernilai kecil jika menambahkan jumlah SU sistem dengan nilai rata-rata data rate rata-rata sistem adalah $1,6239 \times 10^6$ b/s.
3. Pada performansi efisiensi spektral, nilai efisiensi spektral bernilai besar jika menambahkan jumlah SU maupun jumlah PU sistem dengan nilai rata-rata efisiensi spektral sistem adalah 15,318b.
4. Pada performansi efisiensi energi, nilai efisiensi energi bernilai besar jika menambahkan jumlah PU dan mengurangi jumlah SU sistem dengan nilai rata-rata efisiensi energi sistem adalah $1,4508 \times 10^7$ b/sWatt.
5. Pada performansi fairness, nilai fairness bernilai besar jika menambahkan jumlah PU dan mengurangi jumlah SU sistem dengan nilai rata-rata fairness sistem adalah 0,76331.
6. Terlihat pada performansi sumrate, data rate, efisiensi spektral, dan efisiensi energi pada skenario pertambahan jumlah SU dan pertambahan jumlah PU menunjukkan algoritma Greedy konsisten lebih unggul dari ant colony system dengan modifikasi pada ant matriks karena alokasi menggunakan algoritma Greedy mengalokasikan resource dengan melihat nilai dat rate tertinggi.

6. Daftar Pustaka:

- [1] M. B. Satria, I. W. Mustika, D. Teknik, and T. Informasi, "Alokasi sumber daya dalam Cognitive Radio Networks Berdasarkan Modi fi kasi Ant Colony Optimization," pp. 0–4, 2018.
- [2] S. Mei, B. Chen, and F. Hu, "Hybrid Network Coding Scheme in Cognitive Radio Networks With Multiple Secondary Users," IEEE Access, vol. 6, pp. 63948–63957, 2018.
- [3] M. Khattab, Ahmed; Perkins, Dmitri; Bayoumi, Cognitive Radio Network. New York, 2013.
- [4] M. Alaydrus, "Cognitive Radio : Sistim Radio Cerdas," pp. 130–143.
- [5] D. M. Alias, "Cognitive Radio Networks : A Survey," pp. 1981–1986, 2016.
- [6] R. A. Utami, "PENERAPAN ALGORITMA ANT COLONY SYSTEM (ACS) PADA VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS (VRPTW)," pp. 1–5.
- [7] K. S. Juniandari, U. K. Usman, and G. Budiman, "ANALISA PENGARUH PENINGKATAN SINR (Signal Interference Plus Noise Ratio) Terhadap Handover Pada Mobile Wimax," pp. 1–8.
- [8] P. Tanjakan and M. Tangerang, "ANALISA DAN OPTIMASI BAD COVERAGE PADA JARINGAN 4G LTE 1800 MHZ (STUDI KASUS DAERAH PENGAMATAN TANJAKAN MAUK TANGERANG SELATAN)," vol. 6, no. 1, pp. 208–216, 2019.
- [9] BAYU SETHO KUSUMASAKTI,"ANALISIS PERFORMANSI ALOKASI SUMBER DAYA RADIO BERBASIS ALGORITMA JOIN GREEDY PADA SISTEM KOMUNIKASI D2D UNDERLAYING" 20.04.942_abstraksi.pdf.