PENCARIAN PERANGKAT MENGGUNAKAN *DOUBLE* UAV DENGAN KOMBINASI *FLYING PATH*

DOUBLE UAV UTILIZATION FOR DEVICE DISCOVERY WITH FLYING PATH COMBINATION

Meutia Qoonita Noviyani [1], Arfianto Fahmi [2], Afief Dias P.[3]

[1,2,3]Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

[1]tianoviyani@student.telkomuniversity.ac.id, [2]arfiantofahmi@telkomuniversity.ac.id.,

[3]afiefdiaspambudi@gmail.com

Abstrak

Tugas Akhir ini bertujuan untuk mensimulasikan kondisi bencana dimana jaringan telekomunikasi tidak mampu beroperasi secara optimal sehingga digunakan teknologi komunikasi *Device-to-Device* pada area bencana untuk mengurangi energi pada sisi pengguna. Dua *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) bertipe *quadcopter* yang dipasang perangkat RF digunakan sebagai pengganti *Base Station* untuk melakukan proses *device discovery* secara *Network Assisted* sehingga jaringan telekomunikasi tidak terputus. Terdapat tiga skenario *flying path* yang akan digunakan, yaitu kombinasi Rectangular-*Path* dan O-*path*, kombinasi Rectangular-*Path* dan Zigzag-*Path* dan *Double* S-*Path* dengan area simulasi berbentuk persegi sebesar 100 km^2 pada ketinggian *quadcopter* 80 hingga 150 m.

Berdasarkan hasil simulasi yang diujikan pada tugas akhir ini, hasil yang didapatkan dari tiga skenario yang dianalisis berdasarkan penelitian adalah 80% perangkat dapat terdeteksi dengan skenario *Double* S-*Path* namun total durasi pada *Rectangular & O Path* 3 kali lebih cepat dari *Double* S-*Path*. Pada saat terjadi bencana waktu menjadi faktor penting dalam *disaster relief* sehingga untuk kondisi bencana di rekomendasikan menggunakan skenario *Rectangular & O Path* untuk diterapkan. Walaupun selisih jumlah perangkat yang terdeteksi di antara *Rectangular & O Path* dan *Double* S-*Path* cukup besar, namun secara umum penggunaan dua UAV meningkatkan banyaknya perangkat yang terdeteksi daripada penggunaan satu UAV.

Kata Kunci: *Device discovery,* UAV, D2D

Abstract

The purpose of this final assignment is to simulate the condition in times of disaster where telecommunication network is unable to perform optimally, so Device-to-Device communication is used in the area to reduce energy used in user's end. Double Unmanned Aerial Vehicle (UAV) quadcopter type RF Devices installed used as the replacement of Base Station to perform Network Assisted device discovery process when disaster struck so the network could perform. There are three flying path scenario used, Rectangular-Path* and *O-path combination, Rectangular-Path* and *Zigzag-Path combination and Double* S-*Path with square shaped simulation area of 100 km^2 with the quadcopter altitude from 80-150 m.

Based on the results of the simulation tested on this final assignment, the results between three scenarios is 80% device discovered successfully on Double* S-*Path. But total duration of flight on Rectangular & O path is three times faster than Double* S-*Path. In the event of disaster time is essential factor on disaster relief so for disaster condition it is recommended to use Rectangular & O path to be applied. Even though the difference of device discovered between Rectangular & O Path* and *Double* S-*Path quite big, but generally the utilization of double UAV increased the number of discovered device compared to when only utilize single UAV.

***Keywords: Device discovery,* UAV, D2D**

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki kondisi geografis yang unik. Selain negara maritim atau berbentuk kepulauan, Indonesia juga terkenal dengan sebutan *ring of fire* yang artinya memiliki banyak gunung berapi yang aktif dan merupakan letak pertemuan tiga lempeng tektonik yang cukup besar. Selain itu letaknya yang berada di garis khatulistiwa membuat Indonesia juga menjadi negara tropis yang hanya memiliki dua musim saja, musim panas dan musim hujan. Karena fakta-fakta tersebut, Indonesia tidak terlepas dari bencana alam.

Ketika bencana terjadi, sebagian besar infrastruktur mengalami kerusakan, termasuk jaringan telekomunikasi yang menjadi bagian penting dalam kehidupan di era global seperti sekarang ini. Lumpuhnya infrastruktur

telekomunikasi berdampak besar bagi nyawa pada saat kegiatan penyelamatan dan juga berdampak besar pada ekonomi dan pribadi masyarakat yang terkena bencana sehingga dalam kejadian bencana yang paling penting untuk pulih pertama kali adalah jaringan telekomunikasi.

Komunikasi *Device-to-Device* (D2D) adalah solusi yang dapat digunakan sebagai pengganti *Base Station* (BS). Komunikasi D2D merupakan salah satu bagian dari arsitektur jaringan network 5G yang sedang dikembangkan saat ini[1]. Secara umum, D2D memiliki dua proses kerja utama, yaitu proses *device discovery* dan proses pengiriman data. Proses *device discovery* sangat penting karena berpengaruh terhadap pembangunan hubungan *base station* dengan perangkat, perangkat dengan perangkat lain, serta proses pengiriman data pada komunikasi D2D[2]. Saat ini, skema proses *device discovery* pada komunikasi D2D menggunakan bantuan BS seperti yang tertulis pada[3]. Penggunaan BS untuk melaksanakan proses *device discovery* memang dapat mengurangi konsumsi energi dari perangkat tersebut jika dibandingkan dengan proses *device discovery* secara *independent* [4].

Pada penelitian ini digunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) sebagai pengganti BS karena cocok digunakan saat infrastruktur utama telekomunikasi tidak dapat diandalkan. Pada penelitian ini, diasumsikan UAV bisa melakukan *device discovery* dengan lebih optimal mengingat UAV yang digunakan adalah *Double UAV* yang berada di ketinggian dan akan melakukan penerbangan dengan *flying path* tertentu.

Selain melakukan pendeteksian perangkat, penelitian ini akan melakukan proses *clustering* pada area bencana yang bertujuan untuk mengurangi konsumsi energi perangkat yang dapat terjadi karena adanya *long range communication* atau komunikasi jarak jauh. Proses *clustering* disertai proses pemilihan *cluster head* yang bertugas sebagai *relay* informasi antar *cluster* dan antar *cluster* dengan jaringan utama serta *monitoring* status perangkat.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penggunaan dua UAV terhadap energi, waktu, dan jumlah perangkat terdeteksi serta pengaruh pada jumlah *cluster* dan *cluster member* yang bersangkutan pada ketinggian dan *flying path* yang sudah ditentukan sebelumnya.

1.3 Identifikasi Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah melakukan pengujian dua UAV pada ketinggian yang berbeda beda menggunakan tiga skenario *flying path: Rectangular & O Path*, *Rectangular & Zig Zag Path* dan *Double S-Path* pada area berbentuk segi empat berukuran 100 km^2 dengan ketinggian terbang UAV pada 80 m sampai 150 m.

1.4 Metoda Penelitian

Metode penelitian dalam proses penyelesaian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan melakukan simulasi. Metodologi yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari teori dan konsep-konsep dalam melakukan penelitian. Referensi studi literatur yang dilakukan berasal dari buku teks, jurnal terpublikasi serta artikel penelitian sebelumnya untuk membantu agar penelitian berjalan dengan seakurat mungkin.

2. Merancang model *flying path* yang disimulasikan

Dengan menggunakan penelitian terkait, model *flying path* dibuat dengan menggabungkan beberapa jenis *flying path* agar mencapai cakupan yang lebih banyak daripada hanya menggunakan 1 buah UAV saja.

3. Analisa Hasil Pengujian

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah menganalisis energi terpakai, waktu yang dihabiskan dalam proses *device discovery* kemudian perangkat yang berhasil terdeteksi pada ketinggian tertentu dengan menggunakan *flying path* yang sudah dimodelkan.

4. Pengambilan Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan mengenai perbandingan hasil dari dua jenis penelitian yaitu dengan satu UAV dan dengan dua UAV yang dilakukan pada penelitian ini. Dengan meninjau hasil analisis kedua penelitian kesimpulan dapat diambil mengenai skenario mana yang paling cocok digunakan ketika ada bencana terjadi dan melumpuhkan infrastruktur telekomunikasi.

TINJAUAN PUSTAKA DAN METODE PENELITIAN

2.1 *D2D Communication*

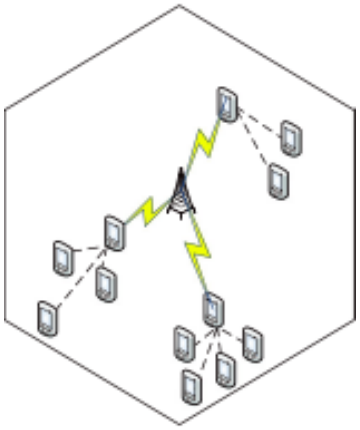
Pada perkenalannya sekitar tahun 1990-an, konsep komunikasi D2D diperkenalkan untuk *ad-hoc*, sensor dan jaringan *mesh*. Komunikasi *ad-hoc* sendiri awalnya dimaksudkan untuk memberikan *setup* yang cepat antara dua perangkat yang sama. Sementara sensor dan jaringan *mesh* membuka jaringan D2D untuk banyak perangkat untuk saling berkomunikasi antar sesama pada jaringan tersebut.

Perbedaan D2D dengan *ad-hoc* adalah standarisasi yang digunakan. Jika pada *ad-hoc* digunakan standarisasi IEEE dan jaringan yang dipakai lebih banyak ke *local area network*, pada D2D standarisasi yang digunakan adalah dari 3GPP dan kecondongannya kearah selular.

Namun sekarang, komunikasi D2D menjadi komunikasi dengan kanal logis melalui *Base Station* dari jaringan. Pada *Long Term Evolution-Advanced* (LTE-A) D2D memperbolehkan komunikasi langsung antara perangkat-perangkat menggunakan spektrum berlisensi jika perangkat *mobile* berada dekat dengan jaringan *overlay* yang bertindak sebagai broker *spectrum*[3].

Komunikasi D2D memiliki keuntungan dari berbagai sisi. Salah satunya adalah dari perspektif perangkat *mobile* pada sisi *user*, karena pencarian node dan layanan dilakukan oleh jaringan sehingga daya yang dihabiskan oleh *device* secara signifikan jauh berkurang daripada ketika perangkat *user* mencari *Base Station* untuk dapat menikmati layanan dari *provider*. Penghematan daya terjadi karena jaringan sudah tahu posisi dari perangkat dan jaringan yang dibutuhkan serta layanan yang diinginkan. Sehingga jaringan yang menginformasikan perangkat untuk memulai prosedur *device discovery* daripada perangkat mencari jaringan secara konstan sampai menemukan jaringan yang cocok dan stabil sehingga layanan dapat berjalan sesuai kebutuhan. Selain energi, komunikasi dengan *device discovery* dapat mengurangi kompleksitas dan memungkinkan tambahan mekanisme pengamanan untuk mendeteksi dan memblokir perangkat yang berbahaya.

Komunikasi D2D terkontrol selular tidak terbatas pada scenario *point-to-point* dengan hanya dua perangkat saja. Jaringan D2D bisa tersusun dari banyak perangkat dengan cara *multihop* dengan satu perangkat menyampaikan paket dari perangkat lain. Jaringan ini dinamakan *mobile cloud*[3], atau bisa juga disebut *clustering* seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Model Sistem D2D secara umum menggunakan *clustering*[5]

2.2 *Device Discovery Process*

Proses *device discovery* adalah proses yang penting dalam komunikasi D2D terkontrol selular. Proses ini mengawali proses pembangunan hubungan, registrasi, *setup*, manajemen, *reporting* dan lain-lain yang mendukung komunikasi D2D [6].

Ada dua jenis proses *Device discovery*, dengan cara dibantu oleh jaringan atau *Network Assisted* dan secara *Independent*. Dengan dibantu jaringan, semakin berkurang juga beban kerja yang menghabiskan energi pada sisi *user*. Dari mulai pembentukan *cluster*, hingga pengiriman data dilakukan oleh jaringan. Sementara ketika *device discovery* dilakukan secara *independent*, semua dilakukan oleh perangkat sehingga jika energi yang terpakai sangat banyak. Namun kelebihannya jika tidak semua bisa memiliki akses menuju jaringan, secara *independent* akan sangat menguntungkan.

Proses ini dapat terjadi jika perangkat dianggap layak terdeteksi. Perangkat akan layak terdeteksi jika memenuhi syarat pada persamaan 1

$$P_{UAV}^{t} - H \geq R_{sensitivity} \quad (1)$$

Dengan P_{UAV}^{t} sebagai daya sinyal suar yang dikirimkan oleh UAV, *H* mewakili *pathloss* dan nilai $R_{sensitivity}$ atau sensitivitas penerima yang sudah diberikan sebelumnya

2.2.1 Channel Gain

Perhitungan *pathloss* menggunakan perhitungan *channel gain* dilakukan untuk melakukan pendeteksian perangkat yang digunakan sebagai pengganti perhitungan *path loss*. Maka H diberikan pada persamaan 2 dibawah ini [7]

$$H_i = (-k - v\ \log_{10} d) - \varepsilon + 10 \log_{10} F \quad (2)$$

k menyatakan nilai sebuah konstan sebesar 128.1 dB, kemudian *v* adalah nilai eksponen *pathloss* senilai 3.76. *d* adalah jarak perangkat *i* dengan UAV, ε adalah faktor *shadowing* dan F adalah *Rayleigh fading*.

2.3 *Clustering Process dan pemilihan Cluster Head*

Clustering memiliki definisi lepas sebagai proses mengorganisir objek menjadi grup-grup yang anggotanya memiliki kemiripan dalam beberapa hal. Maka sebuah *cluster* adalah koleksi atau kumpulan dari objek yang memiliki kemiripan satu sama lain dan tidak memiliki kemiripan dengan objek yang berada dalam *cluster* lainnya.

Kelebihan dari *clustering* adalah ketika dua atau lebih perangkat yang menginginkan konten yang sama, jaringan hanya perlu mengirimkan kepada *Cluster Head* (CH) atau *Type-1 UEs*, kemudian didistribusikan ke sesama *Cluster Member* (CM) atau *Type-2 UEs* yang menginginkan konten tersebut.[8] Proses ini juga bisa dijadikan sebagai dasar dari proses pembentukan *cluster* dengan *common content* atau konten yang sama sebagai alasan pembentukan *cluster* sebagai bentuk efisiensi frekuensi dan jaringan.

Algoritma yang digunakan untuk *clustering* dan mencari CH adalah menggunakan *exclusive clustering*. Pada metode tersebut, data dikelompokkan secara ekslusif, sehingga sebuah datum hanya dapat menjadi milik satu cluster saja. Jenis *exclusive clustering* salah satunya adalah algoritma K-means. [9]

$$d(i_{n,}C_n) = \sqrt{(X_{i_n} - X_{C_n})^2 + (Y_{i_n} - Y_{C_n})^2 + (Z_{i_n} - Z_{C_n})^2} \quad (3)$$

Pada persamaan 3, *d* menyatakan *distance* atau jarak dari perangkat *i* pada *cluster n* dan C adalah indeks *centroid* dari sebuah *cluster*. Sementara X, Y, Z adalah menyatakan *axis* atau posisi dalam koordinat kartesian. Setelah *distance* terukur, semua posisi *device* akan proses menggunakan persamaan 4 dibawah ini:

$$\forall\ d(i_{n,}C_n)\ \in \mathrm{N} : d(i_{n,}C_n) < 200 \quad (4)$$

Persamaan 4 diatas menetapkan batas jarak perangkat dengan *centroid* dari sebuah *cluster* kurang dari 200 meter. Sehingga, jika tidak memenuhi syarat tersebut perangkat tersebut akan dianggap berada di *cluster* lain. Kemudian proses pemilihan CH akan dijelaskan dengan persamaan 5 dibawah ini:

$$W_{i_n} = w_b \| b_{i_n} \| + w_r \| r_{i_n} \| \quad (5)$$

Proses pemilihan CH menggunakan *Weight Factor* berupa level daya atau *battery level* dan *data rate* yang diperoleh dari *feedback* oleh perangkat kepada UAV. Nilai *Weight Factor* atau *w* dari *battery* dan *data rate* yang diguakan adalah masing masing 50%. Kemudian level *battery* dan *data rate* dari perangkat pada *cluster* tertentu di normalisasi, kemudian bisa di dapatkan skor *Weight Factor* perangkat tersebut seperti yang bisa dilihat pada persamaan diatas. Setelah semua perangkat mendapatkan skor *Weight Factor*, digunakan persamaan 6 dibawah ini untuk menentukan CH:

$$CH_n = \max W_{i_n} \quad (6)$$

Dengan menentukan perangkat mana yang memiliki skor *Weight Factor* tertinggi, maka perangkat tersebut akan menjadi CH.

2.4 *Unmanned Aerial Vehicle*

UAV atau kepanjangannya *Unmanned Aerial Vehicle* memiliki arti secara bahasa sebagai kendaraan udara tanpa awak. Menurut Constantino [10], UAV adalah pesawat bersayap berputar, dengan dimensi yang dikurangi, dilengkapi dengan jumlah lengan yang disesuaikan dengan letak rotor, dan didorong oleh motor yang dikendalikan oleh "inti" elektronik. Kegunaannya akan tergantung oleh perangkat atau peralatan yang dibawa.

Namun teknologi sudah berkembang setelah pertama kali UAV diciptakan. Kini, UAV bisa digunakan untuk kegiatan komersil dan bisnis dengan kemampuannya membawa sensor nirkabel, termasuk juga membawa perangkat yang bisa menggantikan *Base Station* sebagai pusat pengendali jaringan D2D ketika adanya bencana. Dengan pola terbang yang sesuai, UAV dapat menghemat waktu serta energi ketika diperlukan.

Dalam tugas akhir ini digunakan UAV berjenis *quadcopter*, yang memiliki empat rotor utama untuk terbang karena kemudahannya dalam dioperasikan dan kegunaannya yang cocok untuk komersil.

2.5 *Parameter Simulasi*

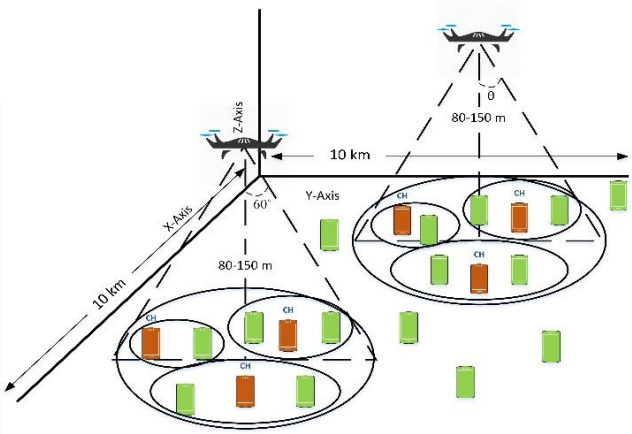
Pada penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa parameter yang digunakan:

Tabel 1. Parameter Penelitian

Parameter	Value
Daya pancar UAV [P]	10 mW

Frekuensi *Carrier* [F]	2300 MHz
Sensitivitas Penerima [Rs]	-90 dBm
Luas area [A]	100 km^2
Sudut pancar antena UAV [θ]	60˚
Kecepatan terbang UAV [*v*]	42 m/s
Jumlah *device* pada area	10000
Ketinggian terbang UAV [h]	80 – 150 m
Energi per pergerakan *horizontal* per meter [Em]	13.19 J
Pola terbang UAV	*R&O, R&Z, Double S*

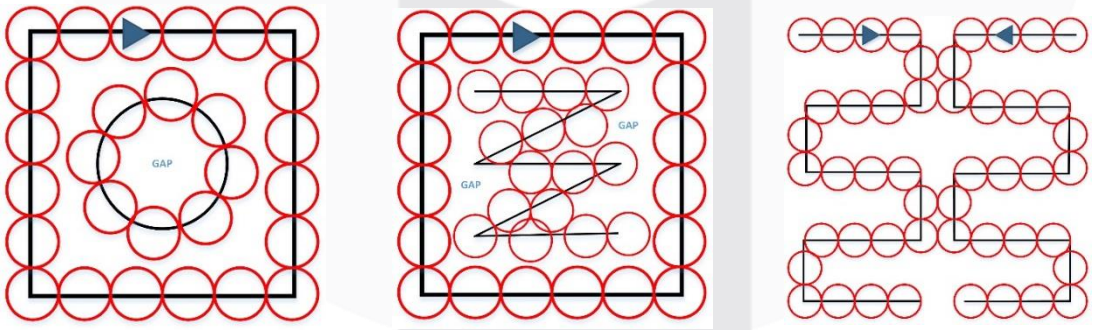
Berdasarkan Tabel 1, diasumsikan jumlah perangkat yang terdapat dalam area tersebut adalah 10.000 perangkat. Pola terbang dan ketinggian dua UAV akan diuji pada tiga skenario, setiap pola terbang atau skenario yang akan diujikan pada beberapa ketinggian yaitu 80 - 150 m. Maksimum ketinggian terbang ini diatur pada *Federation Aviation Administration* (FAA)[11]. Kecepatan terbang dari UAV adalah 42 m/s. Sudut yang dibentuk oleh antenna UAV berbentuk kerucut dengan alas lingkaran berada pada tanah dan memiliki sudut 60˚. Beberapa parameter disesuaikan berdasarkan *paper* Christy dan Mozzafari [4][12]. Gambar 2 menunjukkan model sistem komunikasi yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2. Model komunikasi D2D menggunakan dua UAV[4]

Radius cakupan UAV yang ditunjukkan pada Gambar 2 dengan ketinggian 80 m adalah 277 m, ketinggian 85 m adalah 294m, ketinggian 90 m adalah 312 m, ketinggian 95 m adalah 329 m, 100 m adalah 346 m, 105 adalah 364 m, 110 m adalah 381 m, 115 m adalah 398 m, 120 m adalah 416 m, 125 m adalah 433 m, 130 m adalah 450 m, 135 m adalah 467 m, 140 m adalah 485 m, 145 m adalah 502 m, dan 150 m adalah 520 m.

2.6 *Skenario Simulasi*

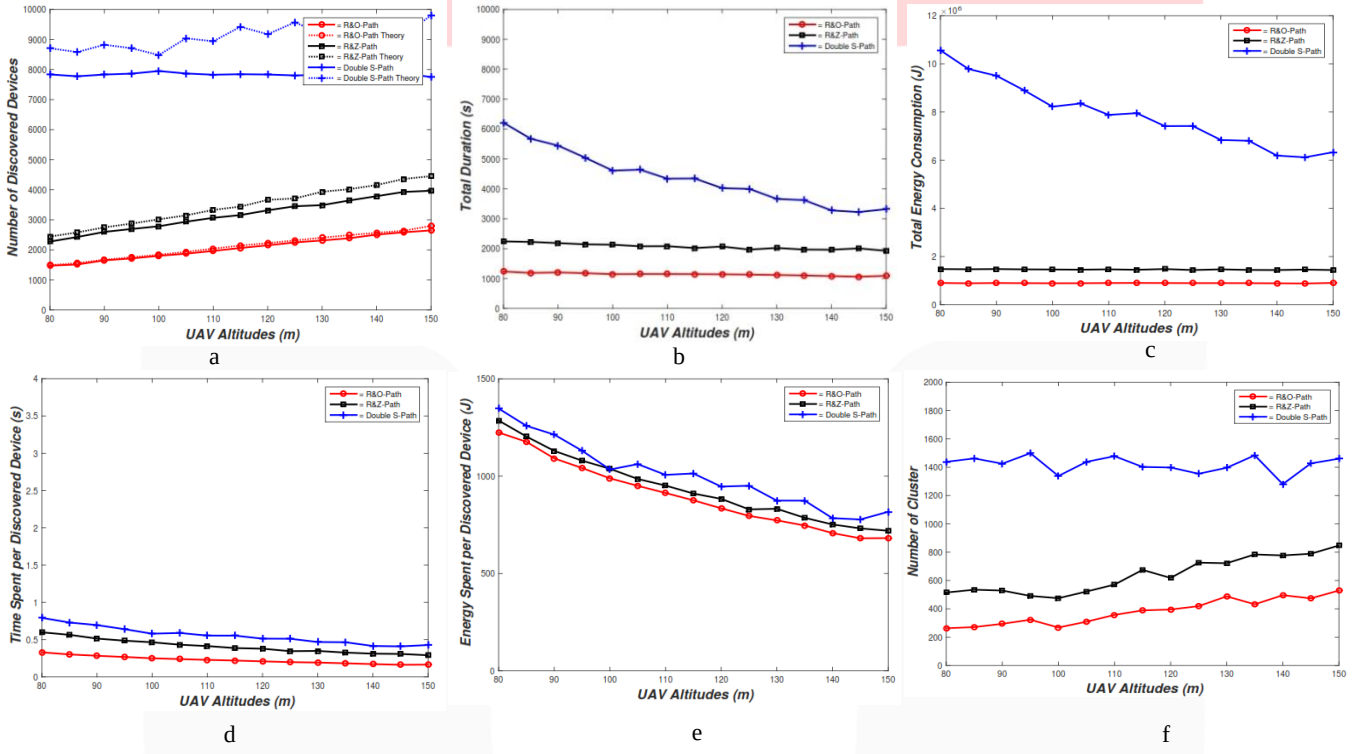


Gambar 3. Beberapa skenario yang digunakan, a) R&O *Path* b) R&Z *Path* c) *Double S-Path*

Dengan menggunakan skenario-skenario tersebut, akan diuji manakah pola terbang dari UAV beserta ketinggiannya yang mempunyai efisensi energi terbaik. Simulasi yang dibuat dibagi menjadi 3 skenario seperti dijelaskan pada Gambar 3. Skenario terbang dikombinasikan dari [4]

1. Skenario I : Pola terbang kombinasi *Rectangular & O Path*
2. Skenario II : Pola terbang kombinasi *Rectangular & O Path*
3. Skenario III : Pola terbang *Double S-Path* akan digunakan oleh UAV

Adapun keluaran yang dapat dianalisis dari skenario pengujian tersebut adalah jumlah perangkat yang berhasil di deteksi, total durasi terbang, total konsumsi energi, waktu yang dibutuhkan untuk mendeteksi satu perangkat, energi yang dibutuhkan untuk mendeteksi satu perangkat, jumlah *cluster* yang terbentuk dan jumlah rata rata *cluster member* pada setiap *cluster* nya.



Gambar 4. Hasil pengujian dari ketiga skenario**,** a) Jumlah Perangkat Terdeteksi (b) Total Durasi terbang UAV (c) Total konsumsi energi UAV (d) Waktu yang dibutuhkan untuk mendeteksi satu perangkat (e) Energi yang dibutuhkan untuk mendeteksi satu perangkat **(**f) Jumlah *cluster* yang terbentuk, (g) Jumlah *cluster member* rata-rata setiap *cluster*nya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dua UAV yang saling tersinkronisasi terbang dengan *flying path* kombinasi *Rectangular dan O-path*, kombinasi *Rectangular* dan *Zig-zag path*, serta *flying path Double S-Path*. Setelah itu analisis dilakukan kepada hasil-hasil yang didapatkan dari simulasi tiga skenario tersebut.

Gambar 4(a) memperlihatkan jumlah perangkat terdeteksi menggunakan skenario *Double S-Path* yang mendeteksi perangkat terbanyak pada ketinggian 100 m sebanyak 7838 perangkat, 3 lebih banyak dibandingkan R&O *Path* yang mendeteksi paling banyak 2648 perangkat dan 2 kali lebih banyak dari R&Z *Path* yang mendeteksi 3967 perangkat. Semakin tinggi UAV, jumlah perangkat yang terdeteksi akan semakin banyak karena cakupan dari UAV akan membesar sehingga area yang tercakup semakin banyak. Perbedaan hasil teori dan simulasi disebabkan karena pada teori perangkat tersebar secara *uniform* sempurna sedangkan pada hasil simulasi perangkat tidak bisa tersebar secara *uniform* sempurna.

Gambar 4(b) memperlihatkan total durasi terbang dari dua UAV menggunakan *Double* S-Path adalah 3223 detik dan menggunakan *R&Z Path* adalah 1926 detik paling minimal. Maka dapat disimpulkan skenario *R&O Path* dapat menyelesaikan lintasan terbang paling cepat dengan minimal waktu yang dibutuhkan adalah 1092 detik sehingga sangat efisien dalam mendeteksi perangkat. Hal ini disebabkan karena pada R&O *Path, intersection* antara cakupan dua UAV sangat sedikit disbanding kedua skenario lainnya.

Gambar 4(c) memperlihatkan total konsumsi energi dua UAV yang dibutuhkan oleh *R&O Path* dan *R&Z Path* yang cukup stabil dengan energi minimum yang dibutuhkan pada 881,26kJ dan 1439kJ hingga kedua UAV mencapai ketinggian maksimum. Berbeda dengan skenario *Double S-Path* dengan minimum energi yang terkonsumsi adalah 6191.4kJ. Terjadi penurunan pada total konsumsi energi yang disebabkan oleh semakin besarnya cakupan kedua UAV karena kenaikan ketinggian UAV yang menyebabkan semakin sedikit *stop point*, sehingga mengurangi energi yang dibutuhkan untuk mengirimkan dan menerima sinyal suar menuju atau dari perangkat.

Dapat dilihat dari Gambar 4(d) bahwa ketiga skenario membutuhkan waktu dibawah satu detik untuk mendeteksi satu perangkat menggunakan kedua UAV dengan skenario *R&O Path* membutuhkan waktu paling sedikit dengan waktu minimum yang dibutuhkan adalah 0.162 detik 3 kali lebih cepat dibandingkan skenario *Double S-Path* yang memerlukan waktu terbanyak dengan waktu minimum yang dibutuhkan adalah 0.4096 detik. Semakin tinggi kedua UAV semakin besar juga cakupan UAV, sehingga dapat mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk mendeteksi satu perangkat. Skenario *R&O Path* mendeteksi dengan lebih cepat berbanding lurus dengan jumlah perangkat yang terdeteksi.

Energi yang dibutuhkan untuk mendeteksi satu perangkat dapat dilihat pada gambar 4(e) yang menujukkan bahwa *R&O Path* sangat efisien energinya dengan minimum energi yang dibutuhkan untuk mendeteksi satu perangkat adalah 681J, sementara *Double* S-*Path* membutuhkan paling banyak energi yaitu dengan energi minimum yang dibutuhkan adalah 800J. Semakin tinggi ketinggian terbang UAV maka cakupannya akan membesar, sehingga energi yang dibutuhkan untuk mendeteksi berkurang karena semakin sedikitnya sinyal suar yang harus dikirim oleh UAV. Secara umum penggunaan 2 UAV membutuhkan lebih banyak energi dibandingkan penggunaan 1 UAV.

Jumlah *Cluster* yang terbentuk untuk setiap skenario terbang pada Gambar 4(f) menunjukkan bahwa jumlah *cluster* terbanyak terbentuk menggunakan skenario *Double* S-*Path* yang mencapai 1500 *cluster* sementara pada *R&O Path* dan *R&Z Path* terbanyak hanya mencapai 830 dan 563 *cluster*. Hal ini terjadi karena semakin tinggi UAV, cakupan semakin besar, sementara pada *Double* S-*Path* kenaikan ketinggian tidak terlalu berpengaruh baik pada jumlah *cluster* maupun pada jumlah rata-rata CM setiap *cluster*.

Kemudian gambar 4(g) menunjukkan CM rata-rata pada setiap *cluster* dengan perolehan jumlah *cluster* terbanyak dihasilkan oleh skenario *Double S-Path*, maka rata-rata jumlah CM pada skenario tersebut paling sedikit yaitu dengan jumlah rata-rata CM terbanyak hanya 6 CM setiap *cluster*. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya jumlah *cluster* terbentuk, dengan jumlah perangkat terdeteksi yang konstan akan menyebabkan jumlah setiap CM pada setiap *cluster* menjadi sedikit. Jumlah *cluster R&O Path* dan *R&Z Path* yang hanya sedikit dengan perbedaan yang tidak terlalu signifikan, membuat keduanya memiliki jumlah CM yang fluktuatif dengan jumlah CM terbanyak diperoleh oleh *R&O Path* yaitu dengan jumlah 14 CM setiap *cluster*.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dari penelitian penggunaan UAV sebagai ganti *Base Station* dalam pendeteksian perangkat menggunakan teknologi D2D *Communication* dapat disimpulkan pernyataan sebagai berikut:

1. Skenario *Double* S-*Path* mendeteksi 78-80% dari total perangkat, sehingga menjadi skenario paling handal dalam mendeteksi perangkat. Namun berkebalikan, *Rectangular* & O *Path* dapat mendeteksi 3 kali lebih cepat dari *Double* S-*Path* sehingga paling efisien dalam mendeteksi perangkat.
2. Penggunaan dua UAV mengakibatkan konsumsi energi yang tinggi namun hal itu terjadi karena kemampuan UAV mendeteksi perangkat semakin cepat dibandingkan penggunaan satu UAV.
3. Secara umum, perangkat lebih banyak terdeteksi menggunakan dua UAV dibandingkan satu UAV karena berkurangnya *blind spot* ata area yang tidak terjangkau sebelumnya oleh skenario dengan penggunaan satu UAV.

Maka pada saat bencana terjadi dan jaringan tidak bisa digunakan secara sementara, skenario *R&O Path* dapat menjadi solusi untuk penerapan *device discovery* menggunakan dua UAV.

Mengetahui potensi selanjutnya penelitian ini untuk membantu proses *disaster relief* dalam segi telekomunikasi, penulis mengharapkan pengembangan lebih lanjut dari komunikasi D2D. Maka disarankan untuk melanjutkan proses pendeteksian perangkat hingga saling dapat berkomunikasi antar *cluster* kemudian dapat menyesuaikan area simulasi dengan area terdampak bencana sehingga hasil nya lebih mendekati kenyataan. Serta disarankan untuk mengembangkan metode D2D deteksi secara *independent* dengan menggunakan bantuan UAV.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Gupta and R. Kumar, "A Survey of 5G Network: Architecture and Emerging Technologies," *IEEE Access*, vol. 3, pp. 2169–3536, 2015.

[2] K. J. Zou *et al.*, "Proximity Discovery for Device-to-Device Communications over a Cellular Network," *IEEE Communication Magazine*, pp. 98–107, 2014.

[3] S. M. Evice *et al.*, "Novel Concepts for Device-to-Device Communication Using Network Coding," *IEEE Communication Magazine*, no. April, pp. 32–39, 2014.

[4] E. Christy, R. P. Astuti, B. Syihabuddin, B. Narottama, O. Rhesa, and F. Rachmawati, "Optimum UAV Flying Path for Device-to-Device Communications in Disaster Area," in *International Conference on Signals and Systems*, 2017, pp. 318–322.

[5] E. Yaacoub, H. Ghazzai, M. Alouini, and A. Abu-dayya, "On the impact of D2D traffic offloading on energy efficiency in green LTE-A HetNets," in *Wireless Communication and Mobile Computing*, 2014.

[6] A. Asadi, S. Member, Q. Wang, S. Member, and V. Mancuso, "A Survey on Device-to-Device Communication in Cellular Networks," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, pp. 1–19, 2014.

[7] E. E. Yaaccoub and Z. Dawy, *Resource Allocation in Uplink OFDMA Wireless Systems*. Wiley-IEEE Press, 2012.

[8] L. Qianxi, M. Qingyu, G. Fodor, and N. Brahmi, "Clustering Schemes for D2D Communications Under Partial / No Network Coverage," in *IEEE 79th Vehicular Technology Conference*, 2014, pp. 3–7.

[9] T. Hastie, R. Tibshirani, and J. Friedman, *The Element of Statistical Learning*. Springer, 2001.

[10] D. Costantino, M. G. Angelini, and G. Vozza, "The Engineering and Assembly of a Low Cost UAV," in *IEEE Metrology and Aerospace*, 2015, pp. 351–355.

[11] Federal Aviation A., "Summary of small unmanned aircraft rule," 2016.

[12] M. Mozaffari, W. Saad, and M. Bennis, "Unmanned Aerial Vehicle with Underlaid Device-to-Device Communications : Performance and Tradeoffs," *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, vol. 1276, no. c, pp. 1–14, 2016.