

PENDETEKSIAN PERANGKAT MENGGUNAKAN UAV PADA KOMUNIKASI DEVICE-TO-DEVICE

Evander Christy¹, Dr. Ir. Rina Pudji Astuti M.T.², Budi Syihabbudin, S.T.,M.T.³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
Jln. Telekomunikasi No.1 Terusan Buah Batu Bandung 40257 Indonesia

¹evander.christy@student.telkomuniversity.ac.id,

²{rinapudjiastuti,budisyihab}@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Pada area terdampak bencana, konsumsi energi dari masing-masing perangkat dan jaringan menjadi isu yang sangat krusial. Maka dari itu, terdapat kebutuhan untuk membangun jaringan komunikasi nirkabel yang hemat energi di daerah bencana yang luas secara cepat pada saat terjadi kerusakan infrastruktur jaringan komunikasi. Pada tugas akhir ini, diusulkan penggunaan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) sebagai *Flying Mobile-Base Tower Station* (FM-BTS) untuk mendeteksi perangkat-perangkat yang berpotensi untuk membentuk komunikasi *Device-to-Device* (D2D) di area bencana. Komunikasi D2D yang akan digunakan dapat mengurangi konsumsi energi antar perangkat. Penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya tidak memperhitungkan konsumsi energi dari UAV serta tidak memberikan saran penggunaan pola pada suatu keadaan bencana alam seperti banjir, gempa bumi, dll. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk memberikan pola terbang UAV yang dapat beradaptasi sesuai kondisi bencana dan tetap memperhatikan faktor konsumsi energi dari UAV. Beberapa pengembangan dari empat skema untuk pola terbang UAV, yaitu: *O-Path*, *Rectangular-Path*, *ZigZag-Path*, dan *S-Path* telah dilakukan. Peningkatan ini dapat mengurangi *gap area* pada pola terbang UAV sehingga terjadi peningkatan *coverage* untuk area tersebut. Untuk memperoleh pola terbang UAV yang terbaik untuk beberapa kasus bencana alam, beberapa simulasi telah dilakukan dan dianalisis. Hasil menunjukkan bahwa pada kondisi bencana dengan pola kerusakan yang merata, pola terbang UAV yang optimal adalah *S-Path* dikarenakan *coverage* yang luas (mencakup sekitar 80 persen dari total perangkat di ketinggian terbang UAV 100 m). Sebaliknya, untuk kondisi bencana dengan pola kerusakan yang memusat, pola terbang UAV yang terbaik adalah *O-path*, diikuti dengan *Rectangular-path* dan *ZigZag-path* dikarenakan durasi terbang yang singkat dan konsumsi energi yang kecil (delapan kali lebih kecil dibanding *S-path* pada ketinggian terbang UAV 100 m).

Kata Kunci : *Device-to-Device*, UAV, *Device Discovery*, 5G, *Emergency*

ABSTRACT

In a disaster area, energy consumption of both devices and network become an important constraint. Therefore, there is a need to establish wireless network communication in large area rapidly under the condition of infrastructure failure. In this final project, we propose the usage of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) as a flying mobile base tower station for discovering Device-to-Device (D2D) devices in the disaster area. The D2D communication can reduce the energy consumption of the devices. The previous works does not calculate the energy consumption of the UAV and consider the use cases of UAV flight path for specific disaster condition, e.g. flood, earthquake, etc. The objective of this paper is to provide UAV flying paths that can adapt according to disaster condition which satisfy the UAV energy constraint. There are some enhancements of four schemes for the UAV flying paths: O-path, Rectangular path, ZigZag-path, and S-path have been done. This enhancement reduces the flight path gap area and lead the increasing of covered area. To examine the best UAV flight path for certain disaster cases, several simulations were performed and discussed. The results show that for distributed damage pattern, the optimum UAV flying pattern is an S - path because of its large coverage area (covering around 80 percent of total devices in altitude 100 m). Otherwise, for centralized damage pattern, the optimum UAV flying patterns are O-path, and followed by Rectangular-path, and Zigzag-path because of its short flight duration and less energy consumption (eight times smaller than the S - path in altitude 100 m).

Keywords : *Device-to-Device*, UAV, *Device Discovery*, 5G, *Emergency Communication*.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Masalah

proses pemulihan daerah karena bencana alam sangat bergantung pada persebaran jaringan komunikasi darurat. Sebagai contoh, regu tim penyelamat harus membuat jaringan komunikasi darurat di area terdampak bencana untuk *broadcast* informasi ke korban bencana yang selamat mengenai rute evakuasi, titik kumpul, ataupun lokasi tim penyelamat terdekat. Karena itu, konsumsi energi dari perangkat tim penyelamat ataupun korban bencana yang selamat menjadi hal yang harus diperhatikan. Selain konsumsi energi perangkat, pembuatan dan penyebaran jaringan komunikasi darurat haruslah dilakukan secara cepat dan efisien [1]. Pada daerah terdampak bencana, pembentukan dan penyebaran komunikasi Device-to-Device (D2D) sebagai jaringan komunikasi darurat dapat mengurangi konsumsi energi dan meningkatkan kapasitas jaringan [2]. Komunikasi D2D merupakan salah satu bagian dari arsitektur jaringan network 5G [3]. Komunikasi Device-to-device (D2D) menawarkan layanan dengan peningkatan performa pada spektrum dan efisiensi energi [4]. Pengurangan konsumsi energi dari perangkat dan peningkatan kapasitas jaringan ini dapat terpenuhi jika digunakan teknik *clustering* pada komunikasi D2D [5][6].

Secara umum, komunikasi D2D memiliki 2 proses kerja utama, yaitu proses *device discovery* dan proses pengiriman data [7].

Proses pendeteksian perangkat adalah proses awal untuk pembentukan jaringan komunikasi D2D yang akan diperuntukkan sebagai jaringan komunikasi darurat. 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 [8]. Proses pendeteksian perangkat ini dapat dilakukan secara mandiri ataupun dengan bantuan dari infrastruktur jaringan. Proses deteksi secara mandiri memang mengurangi beban dari infrastruktur jaringan, tetapi konsumsi energi yang dibutuhkan dari setiap perangkat lebih besar dari proses deteksi dengan menggunakan bantuan infrastruktur jaringan. Tetapi, tidak selamanya proses *device discovery* infrastruktur jaringan dapat berfungsi dengan baik, sebagai contoh pada saat terjadi bencana alam. Jika terjadi bencana alam maka kemungkinan infrastruktur jaringan inti, termasuk BS mengalami kerusakan dan tidak dapat melakukan proses *device discovery* tersebut yang berakibat pada putusnya jaringan komunikasi antar perangkat.

Pada suatu kondisi bencana alam, bencana alam dapat dikategorikan berdasarkan pola kerusakannya yaitu pola kerusakan yang terdistribusi rata ataupun pola kerusakan yang memusat. Pada kondisi bencana alam dengan pola kerusakan yang terdistribusi rata, dampak dari area yang terkena bencana relatif sama seperti banjir, badai, serta tanah longsor. Sedangkan pada kondisi bencana dengan pola kerusakan yang memusat, dampak dari area yang terkena bencana akan berbeda-beda di setiap daerahnya, seperti gempa bumi (kerusakan terbesar ada di pusat gempa), erupsi gunung berapi (kerusakan terbesar ada di sekitar pusat letusan), tsunami (kerusakan terbesar ada di bibir pantai), dan angin topan (kerusakan terbesar ada di jalur angin tersebut). Proses pendeteksian perangkat dengan bantuan infrastruktur jaringan untuk membentuk jaringan komunikasi darurat menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) sebagai *Base Tower Station* (BTS) yang bergerak terbang di area bencana diajukan dalam tugas akhir ini. Tujuan dari penggunaan UAV ini agar memperluas cakupan dari proses pendeteksian perangkat dan mengurangi konsumsi energi dari tiap-tiap perangkat yang berada di daerah tersebut. Pengurangan konsumsi energi akibat proses pendeteksian yang dilakukan menggunakan UAV untuk jaringan komunikasi D2D ini dapat berakibat pada durasi dari komunikasi D2D yang terbentuk antar perangkat baik perangkat dari tim penyelamat ataupun korban bencana yang selamat dapat bertahan lebih lama, mengingat tidak dapat mengisi baterai perangkat pada saat itu. Usulan tipe UAV yang digunakan adalah UAV berjenis *quadcopter*. UAV berjenis *quadcopter* ini memiliki fleksibilitas terbang yang tinggi dibandingkan *winged-UAV*. Karakteristik inilah yang membuat UAV sebagai opsi terbaik untuk menjangkau daerah yang luas dalam waktu yang singkat [9]. Pada penelitian tugas akhir ini, beberapa simulasi dilakukan terhadap beberapa pola terbang UAV *S-path*, *O-path*, *Rectangular-path*, dan *ZigZag-path* yang diadopsi serta dikembangkan dari [10].

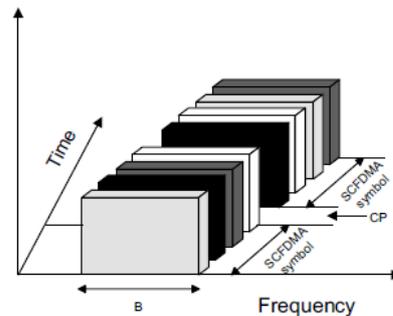
2. Dasar Teori

2.1 Sistem Komunikasi Seluler

Pada berbagai aspek dalam industri komunikasi masa kini, komunikasi *wireless* memiliki pertumbuhan yang tercepat. Perkembangan jumlah perangkat seluler yang secara eksponensial menimbulkan prediksi bahwa pengguna seluler di dunia akan menembus angka satu milyar di masa depan [11]. Pada tahun 1980an diciptakan teknologi seluler generasi pertama (1G) dengan ciri khas sistem analog. Selanjutnya pada tahun 1990an, diciptakan teknologi seluler generasi kedua (2G) yang mulai menggunakan sistem digital dan mampu menyediakan layanan data berkecepatan rendah serta fitur pesan singkat. Pada tahun 2000an muncul teknologi komunikasi seluler generasi ketiga (3G), teknologi ini masuk ke dalam proyek *International Telephone 2000 (IMT 2000)* sesuai peraturan ITU, terdapat berbagai jenis permintaan throughput yang dimiliki yaitu 144 kbps untuk kondisi objek bergerak, 384 kbps untuk kondisi pejalan kaki serta 2 Mbps untuk kondisi dalam ruangan. Lalu muncul teknologi seluler generasi keempat (4G), dimana kriteria dari IMT-Advanced sudah dapat terpenuhi dari teknologi ini [12].

2.1.1 Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA)

Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA) adalah teknologi *multiple access*. Teknologi ini memungkinkan kita untuk mengirimkan informasi pada saat yang bersamaan dan mengurangi kemungkinan informasi tersebut mengalami *collision*. Seperti pada Gambar. 2.1, Pengirim dengan teknologi SC-FDMA menggunakan *subcarriers* yang berbeda untuk mengirimkan simbol-simbol informasi untuk mengurangi *Peak-to-Average power ratio (PAPR)* [13].



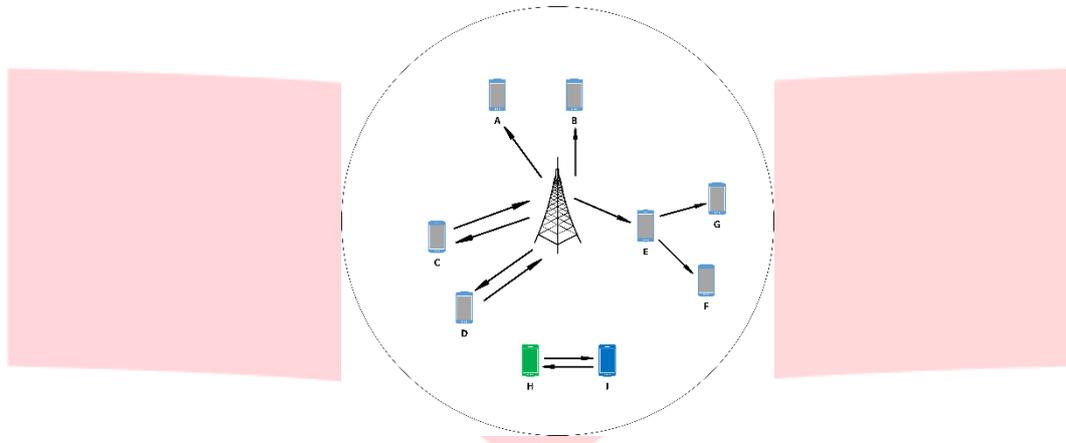
Gambar 2. 1 SC-FDMA [13]

Pengurangan PAPR ini dikarenakan *subcarrier* dikirimkan secara sekuensial dan tidak secara paralel [13]. PAPR yang tinggi merupakan salah satu masalah pada transmisi *uplink*, dikarenakan keterbatasan daya pancar dari setiap perangkat. Maka dari itu, 3GPP-LTE menyetujui untuk menggunakan transmisi SC-FDMA dengan *cyclic prefix* di bagian *uplink*. Dibandingkan dengan OFDM, SC-FDMA memiliki fluktuasi *envelope* yang lebih kecil pada gelombang yang dikirimkan.

2.2 Komunikai D2D

Komunikasi *Device-to-Device (D2D)* merupakan komunikasi antar dua atau lebih *device* MT yang terjadi secara langsung (*direct*) tanpa melalui *Base Station (BS)* atau jaringan inti (*core network*). Komunikasi D2D dapat berlangsung pada spektrum seluler (D2D *inband*) atau dengan spektrum seluler tanpa lisensi (D2D *outband*) [14]. Dalam komunikasi D2D ketika perangkat yang digunakan berada pada jarak yang berdekatan, maka data dapat ditransmisikan secara langsung antar perangkat, tanpa melalui BS terlebih dahulu [15][16]. Secara rinci, pada konsorsium METIS, D2D didefinisikan sebagai komunikasi langsung antar perangkat, dimana user-plane dari komunikasi tersebut tidak melalui jaringan. METIS menjelaskan bahwa komunikasi D2D bertujuan untuk

meningkatkan *coverage*, meringankan beban trafik, meningkatkan pemanfaatan spektrumserta meningkatkan kapasitas suatu area [17].



Gambar 2. 2 Komunikasi antar perangkat [14]

Gambar. 2.2 mengilustrasikan pemanfaatan komunikasi antar *proximity device* melalui komunikasi D2D. Diilustrasikan dalam gambar, melalui link komunikasi *long range* (LR) perangkat A dan B mendapatkan konten yang sama. Konsumsi energi yang besar akan terjadi jika distribusi konten tersebut berjalan cukup lama, namun dengan penerapan D2D maka akan tercapai distribusi konten yang lebih efisien. Dalam penerapan D2D, perangkat E akan mengirimkan konten ke F dan G melalui link yang lebih efisien energi yaitu link *short range* (SR). Contoh penerapan D2D lain juga dapat dilihat pada permainan multiplayer yang dilakukan oleh perangkat yang berdekatan. Dapat diilustrasikan pada perangkat C dan D yang bermain game secara kooperatif. Jika tidak menggunakan D2D maka kedua perangkat tersebut harus terhubung ke BS meski hanya bersebelahan. Kondisi ini sangat tidak efisien dan membebani BS. Pada perangkat H dan I diilustrasikan penggunaan D2D, dimana terjadi komunikasi *peer-to-peer* antar perangkat sehingga tidak membebani BS.

2.2.1 Device Discovery pada Komunikasi D2D

Permasalahan mengenai konsumsi energi merupakan salah satu isu utama dalam pengembangan teknologi komunikasi D2D. Teknologi komunikasi D2D memang dapat mengurangi konsumsi energi komunikasi secara seluler [4]. Namun, protokol desain untuk komunikasi D2D (terutama dalam hal *device discovery*) akan sangat mempengaruhi pencapaian efisiensi energi dalam komunikasi D2D. Pada [18] dijelaskan bahwa tahapan proses *device discovery* adalah prosedur yang pertama kali dilakukan dan sangat penting. Tahap *device discovery* adalah tahap dimana suatu perangkat berusaha mencari perangkat lain untuk melakukan komunikasi D2D, dengan cara mengirimkan sinyal *device discovery*. Suatu *device* MT perlu melakukan *device discovery* yang mencakup beberapa proses: pencarian, identifikasi, dan komunikasi dengan MT lain yang potensial untuk komunikasi D2D. Sebelum komunikasi D2D terbentuk atau dibangun, kehadiran dari suatu *device* harus dapat disadari oleh jaringan ataupun *device* lain, serta menentukan perlu atau tidaknya *device* tersebut untuk tergabung di dalam jaringan agar saling dapat berkomunikasi satu dengan lainnya. Tujuan dari prosedur ini adalah agar setiap MT dalam cakupan sel dapat mencari dan menemukan MT lain yang potensial untuk melakukan komunikasi D2D. Hal ini bukan perkara mudah, karena untuk dapat melakukan komunikasi D2D, kedua MT harus memiliki kesamaan tempat, waktu, dan frekuensi. Selain itu, prosedur *device discovery* berpotensi untuk menurunkan efisiensi sistem secara keseluruhan[8]. Jika dalam protokol *device discovery*, perangkat D2D dipaksa untuk terus mencari *device* dengan mengirimkan sinyal *device discovery*, maka tentunya juga akan mengurangi efisiensi energi [14]. Prosedur *device discovery* pada komunikasi D2D harus dapat mempertimbangan kemungkinan suatu area tidak terdapat *coverage*, seperti adanya daerah-daerah yang tidak mendapat cakupan sel (*coverage hole / gap*) ataupun terjadi gangguan pada access point. Dikarenakan masalah konsumsi energi perangkat yang cukup besar untuk proses *device discovery*, maka proses *device discovery* pada D2D dapat dilakukan dengan bantuan infrastruktur jaringan, seperti BS ataupun menggunakan UAV yang telah diinstall perangkat *radio frequency*

(RF). Secara garis besar, penggunaan proses *device discovery* pada komunikasi D2D memiliki keunggulan dibandingkan sistem seluler konvensional, dimana alokasi *resource*, interferensi, dan *collision avoidance* menjadi lebih efisien sehingga mengurangi konsumsi energi dari perangkat yang digunakan [8].

2.2.2 Metode Clustering pada Komunikasi D2D

Beberapa penelitian, pengiriman data akan lebih optimal dan efisien bila dilakukan lewat *multicasting* dengan memanfaatkan metode *clustering*. Bahkan metode ini akan lebih optimal apabila diterapkan pada lingkungan yang sangat padat (*super-dense*) dan memiliki konten data yang relatif seragam [19][11]. Beberapa contoh kasus untuk kondisi ini adalah saat menonton *playback* pada beberapa pertandingan, mendapatkan materi presentasi multimedia saat pelajaran di perkuliahan, dan juga untuk keperluan *broadcasting* darurat (pada saat terjadi bencana alam) [20][4]. Metode *clustering* pada komunikasi D2D memanfaatkan kemampuan perangkat untuk melakukan komunikasi secara *multicast* ke perangkat lain yang berdekatan. Pada sel LTE, komunikasi D2D diadopsi untuk distribusi konten. Pada [4], diasumsikan bahwa konsumsi energi *device* lebih rendah daripada jumlah konsumsi energi dari anggota tersebut [4]. Dalam konteks pengembangan teknologi 5G, komunikasi *multicast* akan berperan penting dalam meningkatkan efisiensi pada distribusi konten multimedia yang selalu berkembang [21][22]. Terdapat skema *master-slave* (*cluster head-cluster member*) yang diusung pada metode *clustering* merupakan alternatif yang jauh lebih menguntungkan dibandingkan dengan skema jaringan *Ad-hoc* yang biasa. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.1, terdapat topologi bertingkat yang digunakan pada metode *clustering*, serupa dengan topologi E-UTRAN, sehingga fungsi-fungsi E-UTRAN dapat diterapkan pada komunikasi D2D. Pada metode *clustering*, *cluster head* (CH) menggunakan fungsi-fungsi eNB yang sudah ada pada LTE-A. Hal ini akan mempermudah standarisasi komunikasi D2D yang dilakukan oleh 3GPP [23].

Metode	Kelebihan	Kekurangan
Master-Slave	Memiliki beberapa kesamaan arsitektur dengan E-UTRAN, sehingga memungkinkan penggunaan kembali fungsi fungsi dari eNB	Membutuhkan algoritma untuk <i>clustering</i> , dan pada <i>cluster</i> tersebut terdapat <i>Cluster Head</i> yang mendapatkan beban paling berat
Ad-Hoc	Terdapat <i>Sharing load</i> sehingga konsumsi energi tiap perangkat relatif sama	terdapat banyak perbedaan arsitektur dengan eNB, sehingga mengakibatkan tingginya nilai <i>overhead</i> .

Tabel 2. 1Perbedaan Master-Slave dengan Ad-Hoc [23]

Untuk mengurangi beban *cluster head* (CH) dalam metode *clustering* pada komunikasi D2D, maka diciptakan teknik *Cluster Head rotation*. Tanpa teknik *CH rotation*, perbandingan konsumsi energi antara CH : CM adalah 3 : 1. Sedangkan dengan teknik *CH rotation*, perbandingan konsumsi energi antara CH : CM adalah 1.25 : 1 [24].

2.3 Unmanned Aerial Vehicle

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) / *drone* merupakan mesin terbang tanpa awak yang dikendalikan dengan remote control. Selain tidak memiliki awak, konsumsi energi lebih rendah, dan pola terbang yang lebih fleksibel membuat UAV lebih efisien. Agar dapat bekerja secara maksimum, perencanaan jalur beserta metode yang efisien haruslah digunakan [25]. Dalam beberapa tahun terakhir aplikasi dari UAV dalam kehidupan sehari-hari telah banyak dikembangkan, contohnya untuk kegiatan monitoring di wilayah yang cukup luas. UAV dapat bekerja dengan cepat dan dapat

dengan mudah membawa berbagai sensor [26]. UAV yang dilengkapi dengan peralatan penginderaan jauh mempunyai banyak kegunaan dalam situasi bencana.



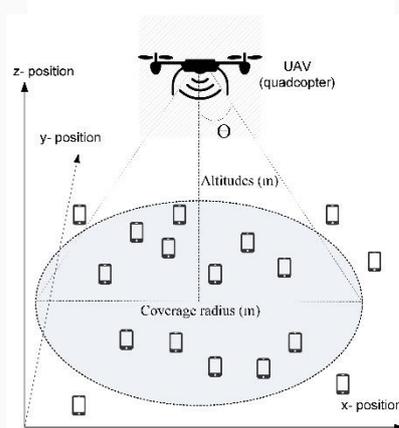
Gambar 2. 3 Tipe UAV

Pada Gambar. 2.3, mengilustrasikan beberapa jenis UAV yang ada, *fixed-wing* UAV, *single-rotor* UAV, *multi-rotor* UAV, serta *hybrid* UAV. Pada tugas akhir ini akan digunakan *quadcopter* UAV. *Quadcopter* UAV merupakan kendaraan terbang yang menggunakan empat rotor untuk mendorong udara ke bawah dan menciptakan kekuatan dorong untuk menjaga *quadcopter* tetap berada di udara. Pilot atau unit kontrol penerbangan akan mengontrol orientasi dari *multicopter* dengan membaca data dari sensor [27]. Dengan ukuran kecil, quadcopter lebih murah dan lebih tahan lama dibandingkan helikopter konvensional karena kesederhanaan mekanik yang dimilikinya [28]. Baling-baling yang lebih kecil juga menguntungkan karena energi kinetik yang dihasilkan lebih sedikit sehingga mengurangi kemampuan mereka untuk menyebabkan kerusakan [29].

3. Pembahasan

3.1 Model Sistem

Diasumsikan sebuah UAV yang berjenis *quadcopter* diterbangkan pada suatu daerah terdampak bencana dengan pola terbang dan ketinggian tertentu untuk melakukan proses *device discovery*. Gambar. 3.1 mengilustrasikan saat UAV terbang diatas daerah terdampak bencana, sebuah sinyal suar ditransmisikan oleh UAV. Proses *device discovery*, pembuatan *cluster* serta pemilihan *cluster head* pun dilakukan dari awal lintasan hingga akhir lintasan pada daerah terdampak bencana tersebut. Sinyal suar deteksi dikirimkan dengan periode tertentu dengan asumsi semua device di daerah tersebut membutuhkan sinyal suar tersebut untuk proses pendeteksian. Perangkat yang mendapat sinyal suar tersebut akan mengirimkan umpan-balik ke UAV untuk memberitahukan posisinya. *Feedback* yang dikirim kembali ke UAV oleh perangkat berisi informasi tentang identitas *device*, koordinat posisi *device*, level daya tersisa dari perangkat, serta kecepatan transfer data dari perangkat tersebut. *Feedback* yang diterima oleh UAV tersebut dijadikan input data kaitannya dengan pembuatan kelompok (*Clustering*), dan juga pemilihan *Cluster Head* (CH) pada area tersebut.



Gambar 3. 1 Model Sistem Pendeteksian Perangkat Menggunakan UAV

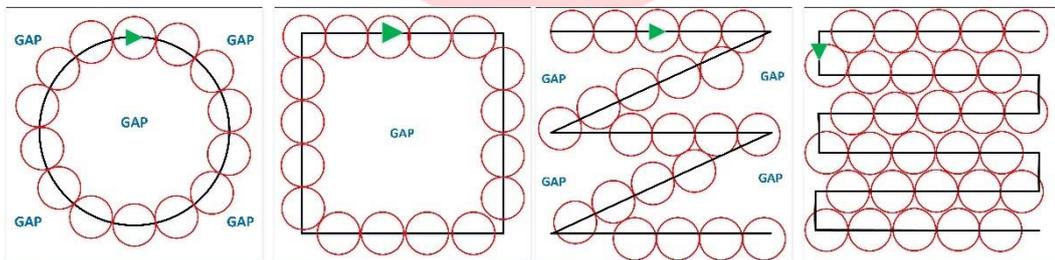
Pada penelitian ini, diasumsikan tidak ada bangunan yang mempunyai tinggi lebih dari 100 meter. Dikarenakan tidak ada bangunan yang lebih dari 100 meter maka UAV dapat berjalan dengan lancar menggunakan pola dan ketinggian yang diajukan dalam penelitian ini.

3.2 Skenario Pengujian

Pada Tugas Akhir ini, fokus penelitian yang dibuat adalah pada mengamati tingkat efisiensi energi pada beberapa skenario pengujian yang menggunakan beberapa simulasi. Dengan menggunakan skenario-skenario tersebut, akan diuji manakah pola terbang dari UAV beserta ketinggiannya yang mempunyai efisiensi energi terbaik. Simulasi yang dibuat dibagi menjadi 4 skenario. Pada Gambar. 3.2 dan 3.3 akan dijelaskan skenario yang akan dibuat.

1. Skenario I : Pola terbang *circular* akan digunakan oleh UAV
2. Skenario II : Pola terbang *rectangular* akan digunakan oleh UAV
3. Skenario III : Pola terbang *zig-zag* akan digunakan oleh UAV
4. Skenario IV : Pola terbang *S* akan digunakan oleh UAV

Adapun keluaran yang didapatkan dari skenario pengujian tersebut adalah total device yang dapat terdiscover, Cluster serta CH yang dapat dibentuk beserta konsumsi energi yang dibutuhkan oleh UAV untuk melakukan proses tersebut.



Gambar 3.2 Pola terbang UAV diadopsi dari [10]: (a) *O-path* (b) *Rectangular-path*

Gambar 3.3 Pola terbang UAV di ubah dari [10]: (a) *Zigzag-path* (b) *S-path*

3.2.1 Device Discovery dengan Pola *O-Path*

Terlihat pada Gambar. 3.2 (a), titik pusat berada pada bagian tengah dari lingkaran. Seiring bertambahnya ketinggian terbang UAV, ukuran dari lingkaran kecil (cakupan sinyal suar UAV) akan semakin membesar. Maka daerah cakupan akan meningkat dan gap di daerah tersebut akan berkurang. Kenaikan ketinggian terbang UAV juga berpengaruh terhadap durasi terbang UAV dan juga konsumsi energi dari UAV. Radius dari lingkaran besar berpengaruh terhadap gap area. Semakin besar radius lingkaran besar maka gap pada bagian ujung simulasi akan berkurang tetapi gap pada bagian tengah akan bertambah.

3.2.2 Device Discovery dengan Pola *Rectangular-Path*

Pada Gambar. 3.2 (b) mengilustrasikan pola terbang UAV berbentuk persegi. Diasumsikan UAV akan terbang pada daerah yang akan dilakukan proses device discovery dari awal lintasan hingga akhir lintasan. Output yang akan diperoleh dari skenario ini adalah jumlah device yang dapat terdeteksi, durasi pendeteksian, dan konsumsi energi dari UAV untuk melakukan proses *device discovery*.

3.2.3 Device Discovery dengan Pola *ZigZag-Path*

Pada Gambar. 3.3 (a) mengilustrasikan pola terbang UAV berbentuk zigzag atau berliku liku. Diasumsikan UAV akan terbang pada daerah yang akan dilakukan proses device discovery dengan sudut ketajaman belokan adalah 25° dari setiap sisi area tersebut. Output yang akan diperoleh dari skenario ini adalah jumlah device yang dapat terdeteksi, durasi pendeteksian, dan konsumsi energi dari UAV untuk melakukan proses *device discovery*.

3.2.4 Device Discovery dengan Pola *S-Path*

Pada Gambar. 3.3 (b) mengilustrasikan pola terbang UAV berbentuk "S". Diasumsikan UAV akan terbang pada daerah yang akan dilakukan proses device discovery dengan sudut ketajaman belokan adalah 90° dari setiap sisi area tersebut (tegak lurus). Output yang akan diperoleh dari skenario ini

adalah jumlah device yang dapat terdeteksi, durasi pendeteksian, dan konsumsi energi dari UAV untuk melakukan proses *device discovery*.

3.3 Kalkulasi Proses

Untuk memperoleh hasil data yang valid, maka kalkulasi pada proses *device discovery* menggunakan UAV dilakukan. Beberapa kalkulasi yang diperlukan adalah: perhitungan channel gain, perhitungan interferensi dari perangkat disekitar, perhitungan *signal to noise ratio*, perhitungan *rate uplink*. Teknik *multiple access* yang digunakan oleh teknologi D2D pada penelitian ini adalah SC-FDMA.

3.3.1 Kalkulasi Channel Gain

Channel gain merepresentasikan *propagation loss* dari pengirim ke penerima, atau dalam penelitian ini adalah dari *device* ke UAV. Perhitungan *channel gain* dari *user k* yang melewati *subcarrier i* dapat direpresentasikan sebagai berikut [13]

$$H_{k,i,dB} = (-\kappa - \nu \log_{10} d_k) - \xi_{k,i} + 10 \log_{10} F_{k,i}. \quad (3.1)$$

Pada persamaan 3.1, κ adalah konstanta yang merepresentasikan *propagation loss*, dan bernilai 128.1 dB. *Path loss exponent* direpresentasikan dengan simbol ν , dan bernilai 3.76. Simbol d_k merepresentasikan jarak dari perangkat k ke UAV. Simbol $\xi_{k,i}$ merepresentasikan *log-normal shadowing* dengan standar deviasi 8 dB. *Rayleigh fading* direpresentasikan dengan simbol $F_{k,i}$ dengan *Rayleigh parameter* (b), $E[b^2] = 1$.

Perangkat yang dapat terdeteksi adalah perangkat yang memenuhi persamaan 3.2.

$$R_{sensitivity} \leq P_{UAV} - H_{k,i}. \quad (3.2)$$

3.3.2 Kalkulasi Interferensi

Interferensi pada komunikasi D2D lebih tinggi dikarenakan setiap perangkat yang saling berdekatan dapat bertindak sebagai *transmitter* dan *receiver* secara bersamaan. Perhitungan interferensi pada *subcarrier i* yang dikirimkan dari perangkat ke UAV l adalah sebagai berikut [13]

$$I_{i,l}^{(UL)} = \sum_{j=1}^{N_{UAV}} \sum_{k_j=1}^{K_j} \alpha_{k_j,i,j}^{(UL)} P_{k_j,i,j}^{(UL)} H_{k_j,i,l}^{(UL)}. \quad (3.3)$$

Nilai $\alpha_{k_j,i,j}^{(UL)} = 1$, jika *subcarrier i* tersedia untuk *user k_j* ke UAV. Sebaliknya, $\alpha_{k_j,i,j}^{(UL)} = 0$ jika *subcarrier* tersebut telah terpakai. Simbol $P_{k_j,i,j}^{(UL)}$ merepresentasikan daya yang dialokasikan pada *resource block*. $P_{k_j,i,j}^{(UL)}$ memenuhi persamaan berikut [13].

$$P_{k_j,i,l}^{(UL)} = \frac{P_{k_j,max}^{(UL)}}{|I_{sub,k_j}^{(UL)}|}. \quad (3.4)$$

Dimana simbol $P_{k_j,max}^{(UL)}$ pada persamaan 3.4 adalah daya pancar maksimum dari perangkat, dan $|I_{sub,k_j}^{(UL)}|$ adalah *cardinality* dari *subcarrier* yang dialokasikan untuk mengirim informasi.

3.3.3 Kalkulasi Uplink SINR

Signal to Interference and Noise Ratio (SINR) pada *user k_j* melewati *subcarrier i* yang disediakan oleh UAV l adalah sebagai berikut [13]

$$\Gamma_{k_j,i,l}^{(UL)} = \frac{P_{k_j,i,l}^{(UL)} H_{k_j,i,l}^{(UL)}}{I_{i,l}^{(UL)} + \sigma_{i,l}^2}, \quad (3.5)$$

dimana $H_{k_j,i,l}^{(UL)}$ adalah *channel gain* antara *user k_j* dan UAV l melewati *subcarrier i*. Simbol $\sigma_{i,l}^2$ adalah daya *noise* pada *subcarrier i* di UAV l .

3.3.4 Kalkulasi Data Rates pada Uplink

SC-FDMA *throughput* dari *user* k_j pada komunikasi D2D adalah sebagai berikut [13]

$$R_{k_j}^{(UL)}(P_{k_j}^{(UL)}, I_{sub,k_j}^{(UL)}) = \frac{B^{(UL)} |I_{sub,k_j}^{(UL)}|}{N_{sub}^{(UL)}} \cdot \log_2(1 + \Gamma_{k_j}^{(UL)}(P_{k_j}^{(UL)}, I_{sub,k_j}^{(UL)})), \quad (3.6)$$

dimana $P_{k_j}^{(UL)}$ adalah jumlah daya pancar dari *user* k_j . $I_{sub,k_j}^{(UL)}$ adalah beberapa *subcarriers* yang dialokasikan untuk *user* k_j . $B^{(UL)}$ adalah *bandwidth* yang disediakan untuk *uplink*, $N_{sub}^{(UL)}$ adalah jumlah *subcarrier* yang disediakan untuk *uplink*. Persamaan $\Gamma_{k_j}^{(UL)}(P_{k_j}^{(UL)}, I_{sub,k_j}^{(UL)})$ merepresentasikan SINR dari *user* k_j setelah mengalami proses *Minimum Mean Squared Error* pada domain frekuensi di penerima. Persamaan $\Gamma_{k_j}^{(UL)}(P_{k_j}^{(UL)}, I_{sub,k_j}^{(UL)})$ dapat dijabarkan sebagai berikut [13]

$$\Gamma_{k_j}^{(UL)}(P_{k_j}^{(UL)}, I_{sub,k_j}^{(UL)}) = \left(\frac{1}{\frac{1}{|I_{sub,k_j}^{(UL)}|} \sum_{I_{sub,k_j}^{(UL)}} \frac{\Gamma_{k_j,i,l}^{(UL)}}{\Gamma_{k_j,i,l}^{(UL)} + 1}} - 1 \right)^{-1} \quad (3.7)$$

3.3.5 Kalkulasi Konsumsi Energi UAV

Konsumsi energi dari UAV merupakan suatu hal yang perlu diperhatikan. Pada simulasi ini, konsumsi energi dari UAV bergantung dari seberapa banyak sinyal suar yang ditransmisikan oleh UAV dan juga seberapa lama UAV beroperasi di udara. Total konsumsi energi dari UAV, E_{UAV} adalah sebagai berikut

$$E_{UAV} = E_{UAV}^m + E_{UAV}^t \quad (3.8)$$

Dari persamaan 3.8, total konsumsi energi dikarenakan pergerakan horizontal UAV dilambangkan dengan notasi E_{UAV}^m . Sedangkan E_{UAV}^t adalah total konsumsi energi UAV dikarenakan pengiriman sinyal suar deteksi secara kontinu. E_{UAV}^m memenuhi persamaan berikut

$$E_{UAV}^m = E_m \cdot d_{UAV} \quad (3.9)$$

Pada persamaan 3.9, E_m melambangkan energi yang dibutuhkan oleh UAV per meter untuk pergerakan horizontal. Keluaran dari [30] digunakan dalam penelitian ini untuk dijadikan nilai dalam parameter E_m . Sedangkan d_{UAV} melambangkan jarak terbang yang ditempuh oleh UAV.

Sedangkan, E_{UAV}^t memenuhi persamaan berikut

$$E_{UAV}^t = P_{UAV} \cdot N \quad (3.10)$$

Dari persamaan 3.10, jumlah sinyal suar yang ditransmisikan oleh UAV dilambangkan dengan N . Sedangkan P_{UAV} merupakan daya pancar sinyal suar UAV.

3.3.6 Pola Terbang Optimum pada Beberapa Kondisi Bencana

Beberapa pola terbang akan disimulasikan dalam penelitian ini. Penggunaan pola terbang UAV yang berbeda bertujuan untuk mencari pola terbaik pada kondisi bencana alam dengan pola kerusakan terpusat ataupun tersebar merata. Pada kasus bencana alam dengan pola kerusakan yang tersebar merata, dibutuhkan pola terbang UAV yang memiliki *coverage* luas, dengan *tradeoff* waktu terbang UAV yang lebih lama. Sedangkan untuk kasus bencana alam dengan pola kerusakan yang terpusat, maka dibutuhkan pola terbang UAV yang memiliki *coverage* yang terpusat pada daerah tertentu, sehingga waktu terbang UAV lebih kecil. Secara persamaan pola terbang optimum UAV pada kasus tertentu dapat dituliskan sebagai berikut:

$$X_{distributed} = \max_j \{t\}; j \in \{O, Rectangular, Zigzag, Spath\} \quad (3.11)$$

$$X_{centralized} = \min_j \{t\}; j \in \{O, Rectangular, Zigzag, Spath\} \quad (3.12)$$

$X_{distributed}$ adalah pola terbang optimum UAV untuk kondisi bencana dengan pola kerusakan terdistribusi, mencari *coverage* terbaik untuk mencakup daerah yang luas (durasi waktu terbang yang besar) karena pola kerusakan yang sama dari beberapa daerah. Kebutuhan *coverage* yang luas ini disebabkan tim penyelamat tidak dapat memberikan prioritas yang lebih ke satu titik tertentu, karena semua daerah yang terkena dampak mengalami kerusakan yang relatif sama. Sebaliknya, $X_{centralized}$ adalah pola terbang optimum UAV untuk kondisi bencana dengan pola kerusakan memusat. Dikarenakan daerah yang terkena dampak mengalami kerusakan parah di titik tertentu, maka tim penyelamat dapat memberikan prioritas lebih pada daerah tersebut. Sehingga pola terbang yang dibutuhkan adalah pola terbang dengan durasi terbang yang rendah dan *coverage* yang memusat. Simbol t adalah durasi terbang dari UAV yang dapat dijabarkan oleh persamaan

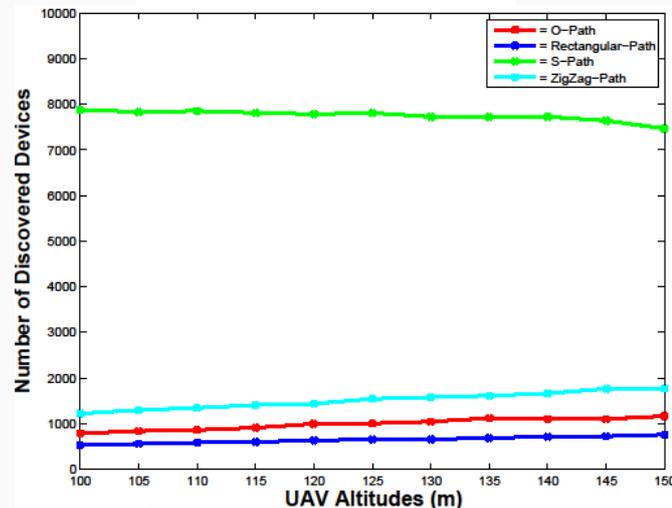
$$t = \sum_{i=1}^I 2 \cdot r_i / V_{uav} \quad (3.13)$$

i merupakan indeks penomoran dari sinyal suar UAV dan I merupakan maksimum indeks dari i pada satu skenario pola terbang. r_i merupakan jari-jari dari cakupan sinyal UAV, sedangkan V_{UAV} merupakan kecepatan terbang dari UAV.

4 Analisis

4.1 Analisis Jumlah Perangkat Terdeteksi

Pada subbab ini, jumlah perangkat yang terdeteksi oleh *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) di suatu area akan dibahas lebih lanjut. Gambar 4.1 menunjukkan jumlah perangkat yang terdeteksi di suatu area menggunakan pola terbang UAV yang berbeda beda dengan ketinggian yang berbeda. Pola terbang *S-Path* mendeteksi perangkat dengan jumlah terbanyak jika dibandingkan dengan *zig-zag*, *O*, dan *rectangular-path*. Urutan kedua pola terbang yang dapat mendeteksi perangkat terbanyak adalah *Zig-Zag path*, lalu diikuti dengan pola *O-path* pada urutan ke tiga dan *rectangular-path* pada urutan ke empat.



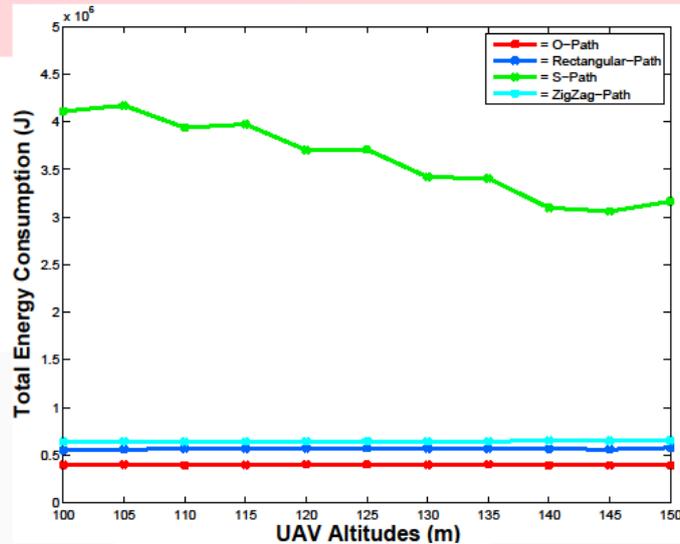
Gambar 4. 1 Jumlah perangkat terdeteksi oleh UAV

Ketinggian terbang UAV berpengaruh terhadap jumlah perangkat yang terdeteksi. Dilihat pada Gambar. 4.1, pada pola terbang *S-path*, ketinggian UAV mengakibatkan penurunan jumlah perangkat yang terdeteksi. Hal ini dikarenakan kenaikan ketinggian UAV pada *S-path* mengakibatkan lingkaran kecil pada gambar 3.3(b) membesar sehingga jika tidak ada irisan antar setiap lingkaran tersebut maka timbul *gap* diantara lingkaran tersebut. *Gap* ini mengakibatkan penurunan jumlah perangkat yang dapat terdeteksi pada pola terbang *S-path*. Pada pola *ZigZag*, *Rectangular*, serta *O-path*, kenaikan ketinggian terbang UAV membawa dampak terhadap kenaikan jumlah perangkat yang dapat terdeteksi. Perbedaan karakteristik antara ketiga pola ini dengan pola *S-path* yang telah dijelaskan sebelumnya adalah karena pada *S-path*, *gap* pada area sangat kecil

sehingga kenaikan ketinggian UAV akan menimbulkan gap tersendiri. Sedangkan pada ketiga pola ini kenaikan ketinggian UAV akan meningkatkan *coverage* dan meningkatkan jumlah perangkat yang dapat terdeteksi.

4.2 Analisis Konsumsi energi

Pada hasil penelitian ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 4.2, konsumsi energi oleh UAV menurun seiring dengan meningkatnya ketinggian UAV. Meningkatnya ketinggian UAV membuat pengurangan jumlah lingkaran kecil (cakupan sinyal suar deteksi dari UAV) yang dibuat untuk setiap pola. Semakin sedikit lingkaran kecil terbentuk, semakin sedikit energi yang dikeluarkan oleh UAV untuk mentransmisikan sinyal suar deteksi perangkat ke daerah terdampak bencana. Mirip seperti Gambar. 4.1, konsumsi energi pola terbang *S-path* menurun secara signifikan bila dibandingkan dengan pola lain karena perbedaan yang cukup besar pada jumlah lingkaran kecil untuk setiap ketinggian UAV.

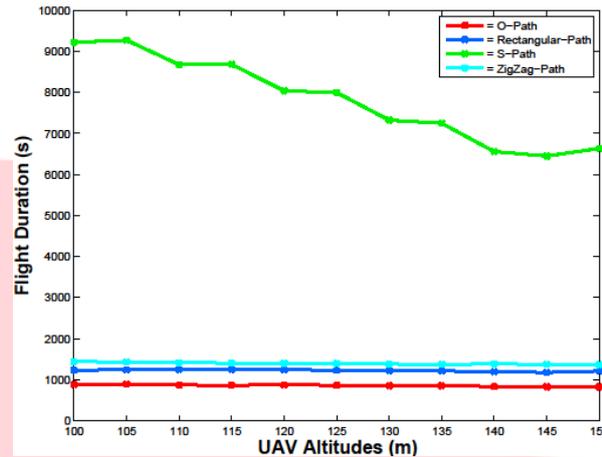


Gambar 4. 2 Konsumsi energi UAV

Dilihat dari Gambar. 4.2, konsumsi energi pada pola *S-path* sekitar 8 kali lebih besar jika dibandingkan dengan ketiga pola lainnya pada ketinggian 100 m. Sedangkan pada ketinggian 150 m, konsumsi energi pada pola *S-path* sekitar 6 kali dari ketiga pola lainnya.

4.3 Analisis Durasi

Pada Gambar. 4.3 terlihat bahwa untuk setiap pola, durasi penerbangan UAV untuk proses *device discovery* menurun seiring dengan meningkatnya ketinggian UAV. Meningkatnya ketinggian UAV mempengaruhi ukuran lingkaran kecil yang terbentuk. Semakin besar lingkaran terbentuk, semakin cepat daerah bisa tercakup, dan durasi pendeteksian perangkat akan semakin berkurang. Durasi penerbangan *S-path* menurun secara signifikan bila dibandingkan dengan pola yang lain karena perbedaan yang cukup besar pada jumlah lingkaran kecil untuk setiap ketinggian.

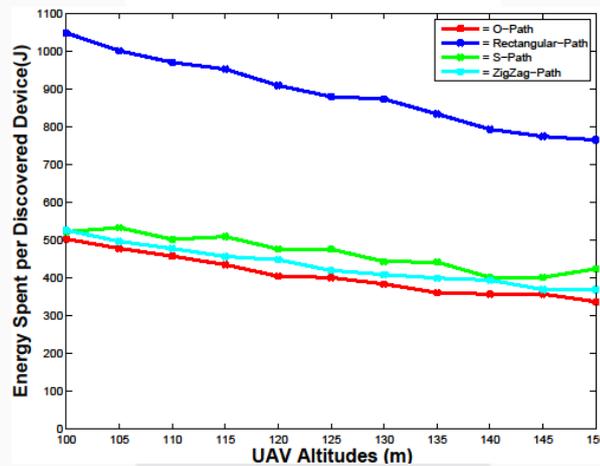


Gambar 4. 3 Durasi yang dibutuhkan

Dilihat dari Gambar. 4.3, pola *S-path* membutuhkan durasi terbang sekitar 9 kali lebih banyak dibandingkan dengan ketiga pola lainnya pada ketinggian 100 m. Sedangkan pada ketinggian 150 m, durasi terbang jika menggunakan pola *S-path* sekitar 7 kali lebih besar dibanding ketiga pola lainnya.

4.4 Analisis Energi yang Dibutuhkan untuk Mendeteksi Satu Perangkat

Dalam hasil kinerja ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4, peningkatan ketinggian UAV dapat meningkatkan efisiensi energi untuk setiap pola. Semakin rendah grafik, efisiensi energi yang dicapai lebih besar. Hasilnya bergantung pada kepadatan persebaran perangkat di suatu daerah. Dari simulasi ini, pola *rectangular* memiliki efisiensi energi terendah dan *O-path* memiliki efisiensi energi tertinggi.

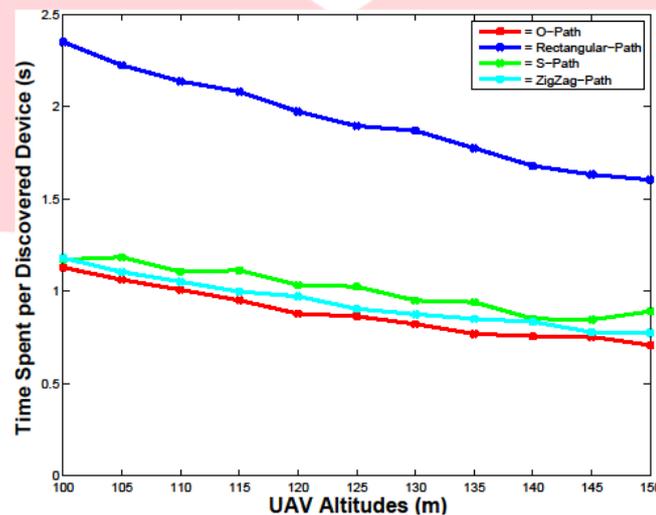


Gambar 4. 4 Energi yang dibutuhkan untuk mendeteksi satu perangkat

Hasil perhitungan pada Gambar. 4.4 ini sangat bergantung dari persebaran perangkat pada daerah simulasi tersebut. Pola distribusi yang terdapat dalam software tidak bisa benar-benar bersifat *uniform*, dikarenakan keterbatasan *processing*. Sehingga didapatkan pola persebaran perangkat terbesar berada di bagian tengah simulasi, sehingga pola *O-path* memiliki tingkat efisiensi energi tertinggi, dikarenakan pada *O-path*, fokus daerah deteksi adalah di bagian tengah. Sebaliknya, pada pola *Rectangular-path*, fokus daerah deteksi berada di bagian samping daerah simulasi, sehingga efisiensi energi dari *Rectangular-path* adalah yang paling rendah.

4.5 Analisis Durasi yang Dibutuhkan untuk Mendeteksi Satu Perangkat

Gambar. 4.5 menunjukkan waktu yang dibutuhkan per perangkat yang terdeteksi oleh UAV untuk setiap pola. Terlihat bahwa kenaikan ketinggian UAV dapat meningkatkan efisiensi waktu untuk setiap pola. Semakin rendah grafik, efisiensi waktu yang dicapai lebih tinggi. Hasilnya bergantung pada kepadatan persebaran perangkat di suatu daerah. Dari simulasi ini, pola *Rectangular-path* memiliki efisiensi waktu terendah dan *O-path* memiliki efisiensi waktu tertinggi.



Gambar 4. 5 Waktu yang dibutuhkan untuk mendeteksi satu perangkat

Hasil perhitungan pada Gambar. 4.5 ini sangat bergantung dari persebaran perangkat pada daerah simulasi tersebut. Pola distribusi yang terdapat dalam software tidak bisa benar-benar bersifat *uniform*, dikarenakan keterbatasan *processing*. Sehingga didapatkan pola persebaran perangkat terbesar berada di bagian tengah simulasi, sehingga pola *O-path* memiliki tingkat efisiensi waktu tertinggi, dikarenakan pada *O-path*, fokus daerah deteksi adalah di bagian tengah. Sebaliknya, pada pola *Rectangular-path*, fokus daerah deteksi berada di bagian samping daerah simulasi, sehingga efisiensi waktu dari *Rectangular-path* adalah yang paling rendah.

4.6 Analisis Contoh Penggunaan pada Area Bencana

Terdapat trade-off dalam memilih pola terbang UAV yaitu antara waktu penerbangan dan jumlah perangkat yang dideteksi. Meningkatnya ketinggian UAV dapat meningkatkan efisiensi waktu dan energi. Karakteristik bencana alam dibahas pada Tabel. 4.1, bencana alam yang memiliki dampak berbeda pada daerah yang terkena dampak dikategorikan menjadi pola rusak terpusat. Sebaliknya, pola terdistribusi adalah bencana alam yang memiliki dampak yang relatif sama terhadap daerah yang terkena dampak. Kategori ini membantu kita untuk memberikan prioritas di beberapa daerah, area dengan kerusakan parah menjadi prioritas utama untuk menemukan perangkat sebagai bantuan bencana.

Use Cases	Damage Pattern	Flight Duration	Suggested Flight Pattern
Flood	Distributed	Long	S-Path
Hurricane	Distributed	Long	S-Path
Landslide	Distributed	Long	S-Path
Earthquake	Centralized	Short	O-path (1 st), Rectangular-path (2 nd), ZigZag-path (3 rd)
Volcanic eruption	Centralized	Short	O-path (1 st), Rectangular-path (2 nd), ZigZag-path (3 rd)
Tsunami	Centralized	Short	O-path (1 st), Rectangular-path (2 nd), ZigZag-path (3 rd)
Tornado	Centralized	Short	O-path (1 st), Rectangular-path (2 nd), ZigZag-path (3 rd)

Tabel 4. 1 Penggunaan pola terbang untuk beberapa kasus bencana

Data pada Tabel. 4.1, didapatkan dari hasil pada Gambar. 4.3 pola terbang UAV yang optimum untuk kasus bencana dengan pola kerusakan terpusat atau terdistribusi dapat dianalisis sesuai persamaan 3.11 untuk $X_{distributed}$. Pola *S-path* memenuhi persamaan 3.11, dengan nilai t adalah 9180 s di ketinggian 100 m, dan dipilih sebagai pola terbang UAV optimum untuk kasus bencana alam dengan pola kerusakan terdistribusi. Sebaliknya, untuk kasus bencana dengan pola kerusakan terpusat, pola terbang UAV yang paling optimum adalah pola *O-path*, karena memenuhi persamaan 3.12 untuk $X_{centralized}$, dengan nilai t adalah 958 s pada ketinggian 100 m. Sementara itu, pola *Rectangular-path* dan *Zigzag-path* menjadi pilihan kedua dan ketiga untuk pola terbang UAV dalam kasus bencana terpusat. Area dengan pola terdistribusi memerlukan durasi penerbangan yang lebih lama untuk mendeteksi perangkat karena kita tidak tahu persis area mana yang memiliki kepadatan perangkat yang tinggi yang mewakili korban. Pola terpusat membutuhkan waktu yang lebih singkat daripada pola terdistribusi karena kita tahu daerah mana yang harus diprioritaskan untuk mendeteksi perangkat.

5 Kesimpulan

Dalam penelitian ini, kami mengusulkan pemanfaatan UAV untuk menemukan perangkat yang berpotensi untuk membangun komunikasi D2D sebagai jaringan darurat. Kami menyediakan, mensimulasi, dan menganalisis beberapa pola terbang UAV yang optimum untuk setiap bencana berdasarkan pola kerusakan. Pencarian pola terbang optimum ini dimaksudkan agar membuat waktu penerbangan dan konsumsi energi dari UAV menjadi lebih efisien. Menurut hasil simulasi dan analisis kami, untuk bencana dengan pola kerusakan yang terdistribusi, pola terbang UAV yang optimum adalah *S-path* karena area cakupannya yang besar (mencakup sekitar 80 persen dari total perangkat di ketinggian 100 m). Sebaliknya, untuk pola kerusakan terpusat, pola terbang UAV optimum adalah *O-path*, *Rectangular-path*, dan *Zigzag-path* karena durasi penerbangan pendek dan konsumsi energi yang lebih rendah (delapan kali lebih kecil dari *S-path* pada ketinggian 100 m) serta daerah cakupan yang lebih terfokus pada suatu titik.

Daftar Pustaka

1. G. Fodor, S. Parkvall, S. Sorrentino, P. Wallentin, Q. Lu, and N. Brahmı, "Device-to-device communications for national security and public safety," in *IEEE Access*, 2014.
2. N. Brahmı and V. Venkatasubramanian, "Mobile and wireless communications enablers for the twenty-twenty information society (metis)," in *Proc. Eur. 7th Framework Res. Project METIS*, 2013.
3. A. Gupta and R. Kumar, "A survey of 5g network: Architecture and emerging technologies," in *IEEE Access*, 2015.
4. J. Liu, N. Kato, J. Ma, and N. Kadowaki, "Device-to-device communication in lte-advanced networks: A survey," in *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 2015.
5. B. Narottama, A. Fahmi, and B. Syihabbudin, "Impact of number of devices and data rate variation in clustering method on device-to-device communication," in *IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile*.
6. B. Narottama, A. Fahmi, B. Syihabbudin, and A. J. Isa, "Cluster head rotation: A proposed method for energy efficiency in d2d communication," in *IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite*.
7. B. Zhang, Y. Li, D. Jin, P. Hui, and Z. Han, "Social-aware peer discovery for d2d communications underlying cellular networks," in *IEEE Transactions on Wireless Communications*.
8. K. J. Zou, M. Wang, K. W. Yang, J. Zhang, W. Sheng, Q. Chen, and X. You, "Proximity discovery for device-to-device communications over a cellular network," in *IEEE Communications Magazine*, 2014.
9. M. Mozafari, W. Saas, M. Bennis, and M. Debbah, "Unmanned aerial vehicle with underlaid device-to-device communications: Performance and tradeoffs," in *IEEE Transactions on Wireless Communications*.
10. S. Rashed and M. Soyturk, "Effects of uav mobility patterns on data collection in wireless sensor networks," in *IEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (COMNETSAT)*.
11. A. Goldsmith, *Wireless Communications*, 2004.
12. A. Kumar, Y. Liu, J. Sengupta, and Divya, "Effective data gathering and energy efficient communication protocol in wireless sensor networks employing uav," in *Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, 2014.
13. E. E. Yaacoub and Z. Dawy, *Resource Allocation In Uplink OFDMA Wireless Systems*. WILEY, 2014.
14. Q. E. a. V. M. Arash Asadi, "A survey on device-to-device communication in cellular networks," in *IEEE COMMUNICATION SURVEYS AND TUTORIALS*, 2014.
15. S. Wen, X. Zhu, Z. Lin, X. Zhang, and D. Yang, "Energy efficient power allocation schemes for device-to-device (d2d) communication," 2013.
16. P. Pahlavani, M. Hundeboll, M. V. Pederson, D. Lucani, H. Charaf, F. H. P. Fitzek, H. Bagheri, and M. Katz, "Novel concepts for device-to-device communication using network coding."
17. A. Osseiran, F. Boccardi, V. Braun, K. Kusume, P. Marsch, M. Maternia, O. Queseth, M. Schellmann, H. Schotten, H. Taoka, H. Tullbeg, M. A. Uusitalo, B. Timus, and M. Fallgren, "Scenarios for the 5g mobile and wireless communications: the vision of the metis project."
18. K. W. Choi and Z. Han, "Device-to-device discovery for proximity-based service in lte-advanced system," in *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2015.
19. L. Al-Kanj and Z. Dawy, "Optimized energy efficient content distribution over wireless networks with mobile-to-mobile cooperation," in *IEEE ICT*, 2010.
20. Y. Kwak, S. Ro, S. Kim, Y. Kim, and J. Lee, "Performance evaluation of d2d discovery with enb based power control in lte-advanced," in *Vehicular Technology Conference (VTC Fall)*, 2014.
21. G. Araniti, M. Condoluci, A. Orsino, A. Iera, and A. Molinaro, "Effective resource allocation in 5g-satellite networks," 2015.
22. P. Ameigeiras, J. Ramos-Munoz, L. Schumacher, J. Prados-Garzon, J. Navarro-Ortiz, and J. Lopez-Soler, "Link-level access cloud architecture design based on sdn for 5g networks," 2014.

23. X. Wang, M. Chen, T. Taleb, A. Ksentini, and V. C. M. Leung, "Cache in the air: Exploiting content caching and delivery techniques for 5g systems," in IEEE Communications Magazine, 2014.
24. B. Narottama, A. Fahmi, B. Syihabbudin, D. M. Saputri, E. Christy, and O. Rhesa, "Device discovery schemes for energy -efficient cluster head rotation in d2d," TELKOMNIKA Telecommunication Computing Electronics and Control, 2017.
25. D. Habib, H. Jamal, and S. A. Khan, "Employing multiple unmanned aerial vehicles for co-operative path planning," in Int J Adv Robot Syst, 2013.
26. J. Maier and M. Humenberger, "Movement detection based on dense optical flow for unmanned aerial vehicles," in Int J Adv Robot Syst, 2013.
27. S. K. W. H. Ko and D. S. Lwin, "Basic multicopter control with inertial sensors," in International Journal of Scientific and Research Publication, 2014.
28. Pounds, P. Mahony, and R. C. P., "Modelling and control of a quad-rotor robot," in In the Proceedings of the Australasian Conference on Robotics and Automation, 2006.
29. G. Hoffman, H. Huang, S. Waslander, and Tomlin, "Quadrotor helicopter flight dynamics and control: Theory and experiment," in In the Conference of the American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2007.
30. S. Ahmed, M. Amr, K. Harras, M. Kholief, and S. Mesbah, "Energy efficient path planning techniques for uav-based systems with space discretization," in IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC 2016).