

**PENDETEKSIAN PERANGKAT MENGGUNAKAN UAV DENGAN
KOMUNIKASI *DEVICE-TO-DEVICE***

***DEVICE DISCOVERY USING UAV WITH DEVICE-TO-DEVICE
COMMUNICATION***

TUGAS AKHIR

Disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan
Program Studi Strata 1 Teknik Telekomunikasi

oleh:

EVANDER CHRISTY

1101130128



**FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS TELKOM
BANDUNG
2017**

	UNIVERSITAS TELKOM	No. Dokumen	ITT-AK-FEK-PTT-FM-004/001
	Jl. Telekomunikasi No. 1 Ters. Buah Batu Bandung 40257	No. Revisi	00
	FORMULIR LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	Berlaku efektif	02 Mei 2011

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**PENDETEKSIAN PERANGKAT MENGGUNAKAN UAV DENGAN
KOMUNIKASI *DEVICE-TO-DEVICE*
DEVICE DISCOVERY USING UAV WITH DEVICE-TO-DEVICE
*COMMUNICATION***

**Telah disetujui dan disahkan sebagai Tugas Akhir
Program S1 Teknik Telekomunikasi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung**

Disusun oleh:

**Evander Christy
1101130128**

**Bandung, 3 Juni 2017
Menyetujui,**

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Rina Pudji Astuti M.T.
93630028

Budi Syihabuddin, S.T., M.T.
10850082

	UNIVERSITAS TELKOM	No. Dokumen	ITT-AK-FEK-PTT-FM-001/004
	Jl. Telekomunikasi No. 1 Ters. Buah Batu Bandung 40257	No. Revisi	00
	FORMULIR PERNYATAAN ORISINALITAS	Berlaku efektif	02 Mei 2011

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Nama : Evander Christy
 NIM : 1101130128
 Alamat : Jl. Sukabirus, Bandung
 No. Telepon : 08891910789
 Email : evander.christy@gmail.com

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya orisinal saya sendiri, dengan judul :

PENDETEKSIAN PERANGKAT MENGGUNAKAN UAV DENGAN
KOMUNIKASI *DEVICE-TO-DEVICE*
DEVICE DISCOVERY USING UAV WITH DEVICE-TO-DEVICE
COMMUNICATION

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap kejujuran akademik atau etika keilmuan dalam karya ini, atau ditemukan bukti yang menunjukkan ketidakaslian karya ini.



Bandung, 3 Juni 2017

Evander Christy
 1101130128

ABSTRAK

Pada area terdampak bencana, konsumsi energi tiap-tiap perangkat dan jaringan menjadi isu yang krusial. Oleh karena itu, jaringan komunikasi nirkabel yang hemat energi perlu dibangun di daerah bencana yang luas secara cepat pada saat terjadi kerusakan infrastruktur jaringan komunikasi. Tugas Akhir ini mengusulkan penggunaan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) sebagai *Flying Mobile-Base Transceiver Station* (FM-BTS) untuk mendeteksi perangkat-perangkat yang potensial dalam membentuk komunikasi *Device-to-Device* (D2D) di area bencana. Komunikasi D2D dapat mengurangi konsumsi energi antar perangkat. Penelitian terkait UAV dalam literatur tidak memperhitungkan konsumsi energi dari UAV serta tidak memberikan saran penggunaan pola tertentu pada suatu keadaan bencana alam seperti banjir, gempa bumi, atau bencana lainnya. Tujuan tugas akhir ini adalah untuk mencari pola terbang UAV yang mampu beradaptasi sesuai kondisi bencana dan tetap memperhatikan faktor konsumsi energi UAV.

Konsumsi energi dipengaruhi secara signifikan oleh pola terbang. Pada Tugas Akhir ini dilakukan pengembangan dari empat skema untuk pola terbang UAV, yaitu: *O-Path*, *Rectangular-Path*, *ZigZag-Path*, dan *S-Path*. 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 Communication*

ABSTRACT

In disaster areas, energy consumption of both devices and networks are of significantly important. Wireless networks supporting large area are then urgently required. In this thesis, we propose the usage of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) as a flying mobile base transceiver station to discover devices having capability of communicating between Device-to-Device (D2D) in the disaster area. The D2D communication is preferable since it can reduce the energy consumption. The previous works do not consider the low energy consumption of the UAV and well as UAV flight path for typical disaster, e.g., flood, and earthquake. This thesis provide *ZigZag-path* dikarenakan durasi terbang yang singkat dan konsumsi energi yang ke-UAV energy constraint.

Enhancement of four schemes for the UAV flying paths: O-path, Rectangular path, ZigZag-path, and S-path are has been done in this thesis. 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 computer simulations are 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). On the other hand, and discussed, damage pattern, the optimum UAV flying patterns are O-path, and followed by Rectangular-path, and Zigzag-path because of their 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

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan kasih karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini. Tugas akhir ini, dengan judul "PENDETEKSIAN PERANGKAT MENGGUNAKAN UAV DENGAN KOMUNIKASI *DEVICE-TO-DEVICE*", dibuat sebagai salah satu syarat kelulusan S1 Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom.

Diharapkan penelitian ini dapat ikut memberikan kontribusi baru dalam teknologi telekomunikasi. Semoga penelitian ini dapat turut memberikan khazanah baru dalam dunia ICT. Akhir kata, penulis sangat mengharapkan segala kritik dan saran dari pembaca. Adapun pembaca dapat mengontak dan berdiskusi dengan penulis via evander.christy@gmail.com

Bandung, 3 Juni 2017

Evander Christy

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

ABSTRAK iv

KATA PENGANTAR vi

DAFTAR ISI vii

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR TABEL x

DAFTAR LAMPIRAN xi

I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Penelitian Terkait 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Rumusan Masalah 4
1.5 Batasan Permasalahan 4
1.6 Tahap-Tahap Penelitian 5
1.7 Sistematika Penulisan 5

6

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA) 6
2.2 Komunikasi D2D 6
2.2.1 Komunikasi D2D dan Teknologi 5G 11
2.2.2 Pengembangan Komunikasi D2D 14
2.2.3 Isu dan Tantangan dalam Komunikasi D2D 16
2.2.4 *Device Discovery* pada komunikasi D2D 17
2.2.5 Metode Clustering pada Komunikasi D2D 18
2.3 Unmanned Aerial Vehicle (UAV) 19
2.3.1 Tipe-Tipe UAV

2.4	Kriteria Bencana Alam Menurut Pola Kerusakan	19
III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM		21
3.1	Model Sistem	21
3.1.1	Diagram Alir Perancangan	22
3.1.2	Desain Model	24
3.2	Skenario Pengujian	24
3.2.1	Skenario I : <i>Device Discovery</i> dengan Pola <i>O-Path</i>	25
3.2.2	Skenario II : <i>Device Discovery</i> dengan Pola <i>Rectangular-Path</i>	26
3.2.3	Skenario III : <i>Device Discovery</i> dengan Pola <i>ZigZag-Path</i>	27
3.2.4	Skenario IV : <i>Device Discovery</i> dengan Pola <i>S-Path</i>	27
3.3	Kalkulasi Simulasi	28
3.3.1	Kalkulasi <i>Channel Gain</i>	28
3.3.2	Kalkulasi Interferensi	29
3.3.3	Kalkulasi <i>Uplink</i> SINR	29
3.3.4	Kalkulasi <i>Data Rates</i> pada <i>Uplink</i>	29
3.3.5	Kalkulasi Konsumsi Energi UAV	30
3.4	Kalkulasi Teoretis Perangkat Terdeteksi	31
3.5	Pola Terbang Terbaik pada Beberapa Kondisi Bencana	31
IV ANALISIS HASIL SIMULASI		33
4.1	Jumlah Perangkat Terdeteksi	33
4.2	Durasi Pendeteksian	34
4.3	Jumlah Konsumsi Energi	35
4.4	Energi yang Dibutuhkan untuk Mendeteksi Satu Perangkat	35
4.5	Durasi yang Dibutuhkan untuk Mendeteksi Satu Perangkat	36
4.6	Contoh Penggunaan pada Area Bencana	37
V KESIMPULAN DAN SARAN		40
5.1	Kesimpulan	40
5.2	Saran	40
DAFTAR REFERENSI		41
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

2.1	SC-FDMA [1].	7
2.2	<i>Resource Grid</i> untuk <i>Uplink</i> [1].	8
2.3	Komunikasi yang terjadi antar perangkat [2].	9
2.4	Penggunaan komunikasi D2D [2].	11
2.5	Perkembangan komunikasi <i>Device-to-Device</i> (D2D) [2].	13
2.6	Tipe-tipe UAV: (a) <i>fixed-wing</i> , (b) <i>single-rotor</i> , (c) <i>multi-rotor</i> , (d) <i>hybrid</i>	19
2.7	Jumlah kasus bencana alam berdasarkan daerah [3].	20
3.1	Model Sistem Pendeteksian Perangkat Menggunakan UAV.	22
3.2	Diagram alir skenario <i>device discovery</i> menggunakan UAV.	23
3.3	Diagram alir perancangan <i>device discovery</i> dengan UAV.	24
3.4	Pola terbang UAV <i>O-Path</i> diadopsi dari [4].	25
3.5	Pola terbang UAV <i>Rectangular-Path</i> diadopsi dari [4].	26
3.6	Pola terbang UAV <i>ZigZag-Path</i> dikembangkan dari [4].	27
3.7	Pola terbang UAV <i>S-Path</i> dikembangkan dari [4].	28
4.1	Jumlah perangkat terdeteksi.	34
4.2	Durasi waktu untuk setiap pola terbang.	35
4.3	Jumlah konsumsi energi.	36
4.4	Energi yang dibutuhkan untuk mendeteksi setiap perangkat.	37
4.5	Durasi yang dibutuhkan untuk mendeteksi setiap perangkat.	38

DAFTAR TABEL

2.1	Penjelasan skenario <i>Master-Slave</i> dan <i>Ad-Hoc</i> [5].	18
3.1	Parameter Simulasi.	25
4.1	Contoh penggunaan pada area bencana.	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran : Sertifikat Publikasi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

In disaster areas, energy consumption of both devices and networks are of significant and menimbulkan prediksi bahwa pengguna seluler di dunia akan menembus angka satu milyar di masa depan. Dikarenakan pengguna seluler meningkat drastis secara eksponensial, maka permintaan akses data untuk perangkat seluler meningkat secara besar-besaran [7]. Untuk memenuhi permintaan pengguna seperti peningkatan kapasitas, peningkatan kecepatan transfer data, pengurangan *latency*, serta peningkatan *Quality of Services* (QoS) maka sebuah penemuan dibutuhkan untuk diimplementasikan dalam arsitektur jaringan seluler [8]. Menurut [8] teknologi 5G merupakan solusi dari peningkatan kualitas dan kepuasan pengguna jaringan seluler.

Perkembangan teknologi komunikasi dapat meningkatkan efektivitas pada banyak proses pekerjaan. Sebagai contoh, proses pemulihan daerah karena bencana alam sangat bergantung pada persebaran jaringan komunikasi darurat. 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 [9].

Pada daerah terdampak bencana, pembentukan dan penyebaran komunikasi *device-to-device* (D2D) sebagai jaringan komunikasi darurat dapat mengurangi konsumsi energi dan meningkatkan kapasitas jaringan [10]. Komunikasi D2D merupakan peningkatan kapasitas, peningkatan kecepatan transfer data, pengurangan *latency*, komunikasi D2D menawarkan layanan dengan peningkatan performa pada spektrum dan efisiensi energi [7]. Pengurangan konsumsi energi dari perangkat dan peningkatan kapasitas jaringan ini dapat terpenuhi jika digunakan teknik *clustering* pada komunikasi D2D [11] [12].

Secara umum, komunikasi D2D memiliki 2 proses kerja utama, yaitu proses *device discovery* dan proses pengiriman data [13]. Proses pendeteksian perangkat dalam literatur tidak memperhitungkan konsumsi energi dari UAV serta tidak mem-

runtukkan sebagai jaringan komunikasi darurat. Proses *device discovery* sangat penting karena berpengaruh terhadap pembangunan hubungan base station dengan peningkatan kapasitas, peningkatan kecepatan transfer data, pengurangan *latency*, komunikasi D2D [14]. Proses pendeteksian perangkat ini dapat dilakukan secara mandiri ataupun dengan bantuan dari infrastruktur jaringan.

Pada proses pendeteksian perangkat secara mandiri, perangkat mengirimkan sinyal *recognizing* ke sekitar dan jika terdapat perangkat yang berpotensi untuk melakukan komunikasi D2D maka perangkat tersebut memberikan *feedback* ke perangkat yang mengirimkan sinyal *recognizing* tersebut. Sedangkan pada proses pendeteksian perangkat dengan bantuan infrastruktur jaringan, beberapa peralatan digunakan untuk mengirimkan sinyal deteksi dan menerima *feedback* dari perangkat yang berpotensi untuk menggunakan komunikasi D2D. Skema proses *device discovery* pada komunikasi D2D menggunakan bantuan infrastruktur jaringan (*base station*) (BS) disampaikan pada [15] [16] [17]. Sedangkan skema proses *device discovery* secara mandiri diusulkan pada [12].

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.

Bencana alam dapat dikategorikan berdasarkan pola kerusakannya yaitu pola kerusakan yang terdistribusi rata ataupun 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 dengan kerusakan terbesar ada di pusat gempa, erupsi gunung berapi dengan kerusakan terbesar ada di sekitar pusat letusan, tsunami dengan kerusakan terbesar ada di bibir pantai, dan angin topan dengan 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 Transceiver 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

dalam literatur tidak memperhitungkan konsumsi energi dari UAV serta tidak memperhitungkan 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.

Tipe UAV yang diusulkan berjenis *quadcopter* yang memiliki fleksibilitas terbang tinggi dibandingkan *winged-UAV*. Karakteristik inilah yang membuat UAV sebagai opsi terbaik untuk menjangkau daerah yang luas dalam waktu yang singkat [18]. Selain itu, pada Tugas Akhir ini juga melakukan simulasi terhadap beberapa pola terbang UAV dengan bentuk (*S-path*, *O-path*, *Rectangular-path*, dan *ZigZag-path*) yang diharapkan sesuai dengan karakteristik bencana yang mungkin terjadi.

1.2 Penelitian Terkait

Ide Tugas Akhir ini terinspirasi dari penelitian [4], yang membahas tentang penggunaan UAV sebagai alat untuk mengumpulkan data dari *Wireless Sensor Network* yang dikirim secara kolektif oleh *Cluster Head* (CH) dari setiap *cluster*. Sedangkan [19], melakukan proses pengumpulan data *Wireless Sensor Network* oleh UAV menggunakan skema *Circularly Optimized Frame Selection* (COFS). COFS adalah metode pengumpulan data dengan memberikan skala prioritas dan menggunakan pola terbang yang telah ditentukan.

Salah satu penelitian yang menginspirasi kembali adalah [17], yang memanfaatkan komunikasi D2D dalam situasi darurat seperti bencana alam. Pada paper tersebut, dijelaskan bahwa aspek efisiensi energi pada *device* merupakan hal krusial pada penanggulangan bencana.

Pada penelitian [4], penulis tidak menghitung konsumsi energi yang dikeluarkan oleh UAV untuk proses pendeteksian perangkat. Perhitungan ini sangatlah penting karena kemampuan terbang UAV terbatas pada energi yang tersedia. Penelitian sebelumnya juga tidak membahas pola terbang UAV terbaik untuk tiap-tiap kondisi spesifik yang terjadi di daerah cakupan.

1.3 Tujuan Penelitian

Beberapa tujuan Tugas Akhir ini antara lain:

- (1) Menemukan skema proses *Device Discovery* menggunakan UAV yang terbaik pada tiap kondisi bencana alam.

- (2) Menganalisis pengaruh ketinggian dan pola terbang UAV terhadap jumlah perangkat yang terdeteksi, waktu yang diperlukan, serta konsumsi energi dari UAV.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan deskripsi latar belakang dan penelitian terkait, beberapa rumusan masalah untuk dikerjakan pada Tugas Akhir ini adalah:

- (1) Diperlukan adanya pemodelan skema *device discovery* oleh UAV yang efisien energi untuk beberapa kondisi bencana.
- (2) Melalui beberapa simulasi dan dengan berbagai skenario pengujian, skema yang telah dirancang perlu dianalisis agar dapat diketahui, pengaruh prosedur yang diujikan terhadap efisiensi energi serta pola yang terbaik untuk setiap kondisi, khususnya bencana alam.

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pemodelan *device discovery* menggunakan UAV?
2. Bagaimana cara menganalisis skema yang telah dibuat?
3. Bagaimana mencari pola terbang optimal pada tiap kondisi bencana alam?

1.5 Batasan Permasalahan

Untuk menjaga analisis tetap sederhana dan mudah dipahami, Tugas Akhir ini memberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Diasumsikan proses pengiriman data dari perangkat menggunakan teknologi SC-FDMA.
2. Dalam area tersebut seluruh perangkat diasumsikan dapat menggunakan fitur komunikasi D2D.
3. Daerah bencana berbentuk persegi dengan pola persebaran perangkat yang bersifat *Uniformly Distributed Pseudorandom*.

1.6 Tahap-Tahap Penelitian

Metode yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi ini dimaksudkan untuk mempelajari konsep- konsep dan teori- teori untuk mendukung proses perancangan, pemodelan, dan analisis.

2. Pemodelan

Membuat pemodelan pola *discovery* secara mandiri diusulkan pada [12]. dimana pemodelan yang didapatkan diharapkan dapat mewakili kondisi sesungguhnya dengan parameter- parameter yang ditentukan.

3. Analisis

Membuat analisis berdasarkan pemodelan yang telah dibuat, mengevaluasi pendekatan mana satu penelitian yang

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk bab selanjutnya, Tugas Akhir ini disusun sebagai berikut:

Bab II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi penjelasan teori, alat, dan perlengkapan yang digunakan.

Bab III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Bab ini berisi alur kerja dan alur perancangan sistem.

Bab IV ANALISIS HASIL SIMULASI

Bab ini berisi langkah simulasi dan pengujian yang dilakukan, hasil pengujian, dan analisis dari hasil pengujian yang didapat.

Bab V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran tugas akhir ini.