

Analisis Performansi Sistem Video FPV Drone dengan Integrasi Antena Patch Directional

1 st Muhammad Mirza Faisa
Fakultas Ilmu Terapan
Telkom University
Bandung, Indonesia
email

2 nd Simon Siregar
Fakultas Ilmu Terapan
Telkom University
Bandung, Indonesia
email

3 rd Nina Hendrarini
Fakultas Ilmu Terapan
Telkom University
Bandung, Indonesia
email

Abstrak — Transmisi video pada drone pemantauan banjir sebelumnya menggunakan antena omnidirectional yang menurunkan kualitas pada jarak jauh. Penelitian ini merancang sistem transmisi dengan antena patch directional untuk meningkatkan kestabilan dan ketajaman video. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan dua jenis antena berdasarkan parameter bitrate, latency, dan ketajaman gambar menggunakan metode Half Flux Radius (HFR). Hasil pengujian menunjukkan peningkatan bitrate hingga 633%, penurunan latency hingga 87,7%, serta nilai HFR yang lebih rendah pada antena directional. Sistem ini terbukti meningkatkan akurasi dan efisiensi transmisi video drone secara real-time.

Kata kunci— video fidelity, drone, antena directional, latency, bitrate, HFR

I. PENDAHULUAN

Bencana banjir merupakan salah satu tantangan serius yang memerlukan sistem monitoring responsif untuk mendukung mitigasi dan pengambilan keputusan[1]. Drone menjadi salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam sistem pemantauan karena fleksibilitasnya dalam menjangkau area luas, termasuk daerah yang sulit diakses oleh petugas di lapangan[2][3]. Meskipun demikian, salah satu kendala utama pada pemanfaatan drone adalah kualitas transmisi video real-time yang sangat tergantung pada stabilitas sinyal komunikasi antara drone dan operator.

Pada sistem monitoring berbasis drone, fidelity video menjadi komponen vital. Kualitas visual yang buruk dapat menghambat deteksi objek, penilaian situasi di lapangan, hingga akurasi dalam proses pengambilan keputusan[4]. Faktor yang memengaruhi kualitas ini meliputi spesifikasi kamera, sistem kompresi video, serta media transmisi sinyal seperti antena[5][6]. Sayangnya, penggunaan antena bawaan tipe omnidirectional yang umum pada sistem ini memiliki keterbatasan jangkauan dan cenderung rentan terhadap interferensi lingkungan, terutama pada jarak jauh.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini mengeksplorasi penggunaan antena patch directional sebagai

alternatif solusi[7][8]. Antena jenis ini memiliki karakteristik radiasi terarah yang memungkinkan penguatan sinyal lebih fokus ke arah drone[8]. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kekuatan sinyal, menurunkan latency, serta mempertahankan bitrate pada jarak menengah hingga jauh, tanpa harus menggunakan kamera atau VTX berbiaya tinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa sistem video FPV drone yang mengintegrasikan antena patch directional pada sisi ground station[9][10]. Evaluasi performa dilakukan dengan membandingkan sistem yang menggunakan antena omnidirectional dan directional berdasarkan parameter teknis bitrate, latency, serta ketajaman gambar menggunakan metode Half Flux Radius (HFR)[6].

II. KAJIAN TEORI

Pengembangan sistem ini didasarkan pada beberapa fokus utama:

A. Video Fidelity

Video fidelity merupakan ukuran seberapa baik sistem video mempertahankan integritas visual dari sumber ke penerima. Parameter teknis yang umum digunakan untuk mengevaluasi fidelity meliputi bitrate, latency, frame rate, dan frame loss. Bitrate tinggi menunjukkan aliran data visual yang kaya detail, sementara latency rendah menunjukkan minimnya keterlambatan transmisi. Dalam konteks drone, video fidelity menjadi krusial untuk monitoring real-time yang akurat

B. Sistem Transmisi Video pada Drone

Sistem transmisi video drone umumnya terdiri atas kamera, video transmitter (VTX), antena pemancar dan penerima, serta perangkat FPV goggles atau ground station. Modul seperti RunCam Link Wasp digunakan untuk menangkap dan mentransmisikan video digital dengan frekuensi 5.8 GHz. Antena pada sisi penerima sangat menentukan seberapa baik sinyal video diterima, terutama dalam lingkungan dengan interferensi tinggi.

C. Antena Omnidirectional dan Directional

Antena omnidirectional memancarkan sinyal ke segala arah dengan gain yang rendah, cocok untuk fleksibilitas arah tetapi tidak optimal pada jarak jauh. Sebaliknya, antena directional seperti patch memiliki gain tinggi dan pola radiasi yang

sempit ke arah tertentu. Ini membantu memperkuat sinyal ke arah drone dan mengurangi interferensi dari arah samping atau belakang.

D. Half Flux Radius (HFR)

HFR adalah metode analisis frekuensi spasial pada citra untuk menilai ketajaman gambar. Nilai HFR yang rendah menunjukkan bahwa energi spektral terkonsentrasi di pusat frekuensi, menandakan gambar lebih tajam. Metode ini melibatkan transformasi Fourier pada gambar grayscale dan digunakan sebagai indikator objektif ketajaman visual dalam sistem transmisi video digital.

III. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk mengevaluasi performansi sistem transmisi video FPV pada drone dengan integrasi antenna patch directional. Fokus utama metode ini adalah pada pengujian parameter video fidelity: bitrate, latency, dan ketajaman gambar menggunakan metode Half Flux Radius (HFR). Evaluasi dilakukan melalui dua tahap: pengujian teknis dan analisis citra.

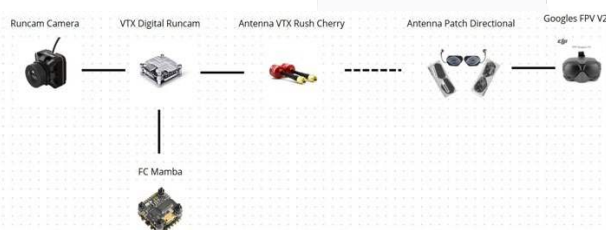
A. Desain Sistem

Sistem yang dikembangkan terdiri dari kamera RunCam Link Wasp sebagai unit akuisisi gambar, transmitter VTX Rush Cherry sebagai pemancar sinyal video, dan DJI FPV Goggles V2 sebagai perangkat penerima. Antena yang digunakan meliputi:

- Omnidirectional (default) sebagai baseline
- Patch directional ORT Digieyes sebagai unit optimasi

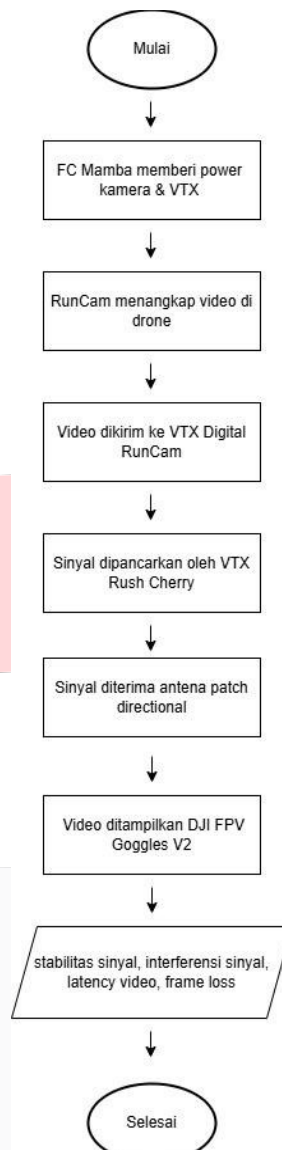
Sinyal video dipancarkan menggunakan frekuensi 5.8 GHz dan ditangkap oleh receiver pada ground station.

Konfigurasi sistem tidak mengalami modifikasi pada sisi drone, melainkan hanya pada sisi penerima. Untuk gambaran sistemnya seperti pada gambar 3.1 Gambaran Sistem



GAMBAR 1
Gambaran Sistem

Visualisasi alur sistem secara menyeluruh ditampilkan pada Gambar 3.2 dalam bentuk flowchart. Diagram ini menjelaskan tahapan utama dalam proses transmisi video, dimulai dari pemberian daya oleh flight controller (FC) kepada kamera dan VTX, hingga sinyal video diterima dan ditampilkan pada unit ground station menggunakan DJI FPV Goggles V2. Flowchart juga memperlihatkan bahwa pengukuran performansi stabilitas sinyal, interferensi, latency, dan frame loss dilakukan pada tahap akhir sebagai bagian dari proses evaluasi.



GAMBAR 2
Flowchart Sistem

B. Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan di area terbuka dengan jarak antara drone dan ground station bervariasi dari 25 m hingga 200 m. Untuk setiap jenis antena, dilakukan lima kali pengukuran di setiap jarak. Parameter yang diuji antara lain:

- Bitrate: kecepatan transmisi data video
- Latency: jeda waktu antara pengambilan gambar hingga ditampilkan
- HFR: ketajaman gambar melalui analisis spektrum frekuensi

Data teknis seperti bitrate dan latency diambil menggunakan logging internal dari DJI Goggles serta software analisis pada laptop. Pengambilan frame video dilakukan secara manual, lalu dianalisis menggunakan MATLAB.

C. Metode Half Flux Radius (HFR)

Digunakan untuk mengukur ketajaman gambar hasil transmisi video dengan pendekatan berbasis analisis frekuensi spasial. HFR didefinisikan sebagai radius pada domain frekuensi di mana 50% energi total spektrum gambar terkandung. Untuk menghitungnya, citra yang diambil dari frame video dikonversi terlebih dahulu ke dalam format

grayscale guna menyederhanakan proses analisis. Selanjutnya, transformasi Fourier dua dimensi diterapkan untuk mendapatkan spektrum frekuensi citra tersebut. Spektrum ini kemudian dikonversi ke dalam skala logaritmik untuk menyesuaikan distribusi energi spasial. Dari hasil spektrum, diambil nilai intensitas pada baris tengah sebagai representasi frekuensi spasial horizontal, lalu dihitung kumulatif energi hingga mencapai 50% total energi. Jarak dari pusat ke titik tersebut dianggap sebagai nilai HFR. Semakin kecil nilai HFR, semakin tajam detail gambar karena energi terkonsentrasi di frekuensi tinggi.



GAMBAR 3
Blok Diagram Pengujian HFR

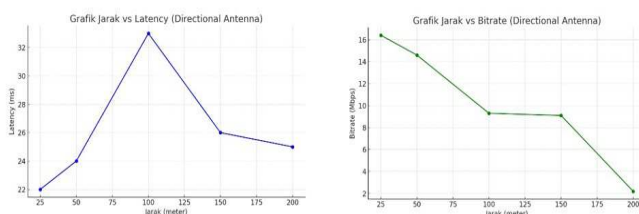
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan data komprehensif mengenai performa sistem transmisi video drone dengan antenna directional dibandingkan dengan antenna omnidirectional standar. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan signifikan pada seluruh parameter yang diukur.

A. Analisis Bitrate

TABEL 1
Hasil Analisis Bitrate

Jarak	Omnidirectional (ms)	Directional (ms)	Penurunan (%)
25	16.6 ± 0.8	16.4 ± 0.5	-1.2
50	10.48 ± 1.2	11.38 ± 0.7	8.6
100	9.3 ± 1.5	4.7 ± 0.9	-49.5
150	4.3 ± 1.8	9.1 ± 1.3	111.6
200	0.3 ± 0.6	2.2 ± 0.4	633.3



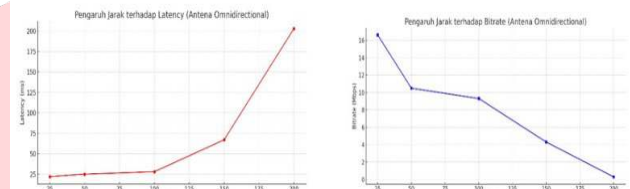
Pada jarak dekat (25-50 meter), antenna omnidirectional menunjukkan bitrate yang lebih tinggi dengan 16.6 Mbps dibandingkan 16.4 Mbps pada antenna directional. Namun, pada jarak 150 meter ke atas, antenna directional menunjukkan keunggulan signifikan dengan peningkatan bitrate hingga 633.3% pada jarak 200 meter.

B. Analisis Latency

TABEL 2
Hasil Analisis Latency

Jarak	Omnidirectional (ms)	Directional (ms)	Penurunan (%)
25	22 ± 3.2	22 ± 2.1	0.0
50	25 ± 4.8	25 ± 2.8	0.0
100	28 ± 6.1	33 ± 3.5	-17.9
150	67 ± 8.9	26 ± 4.2	61.2
200	203 ± 15.2	25 ± 6.8	87.7

Pada jarak 25-50 meter, kedua antenna menunjukkan latency yang identik (22-25 ms). Namun, pada jarak 150 meter, antenna omnidirectional mengalami lonjakan latency yang dramatis menjadi 67 ms, sementara antenna directional



GAMBAR 5
Hasil Analisis Latency

tetap stabil di 26 ms. Puncak perbedaan terjadi pada jarak 200 meter dimana antenna omnidirectional mencapai 203 ms sedangkan antenna directional hanya 25 ms, menunjukkan penurunan latency sebesar 87.7%.

C. Analisis HFR

Metode Half Flux Radius digunakan untuk mengukur ketajaman gambar secara objektif pada objek yang sama dengan kondisi pencahayaan dan komposisi yang identik.

1. Membaca Gambar

Langkah awal dimulai mengambil frame gambar dari hasil pengambilan video dari dua antenna yang berbeda dengan kondisi dan jarak yang sama.



GAMBAR 6
Frame gambar yang diuji

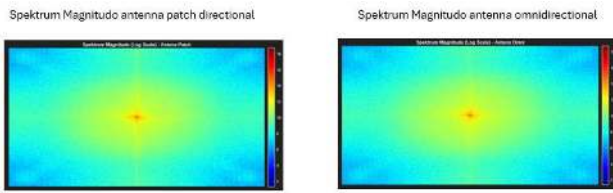
2. Konversi ke Greyscale



GAMBAR 7
Konversi ke Greyscale

Gambar kemudian dikonversi menjadi format greyscale untuk menyederhanakan analisis frekuensi dan mengurangi kompleksitas data warna.

3. Menghitung Magnitudo Log

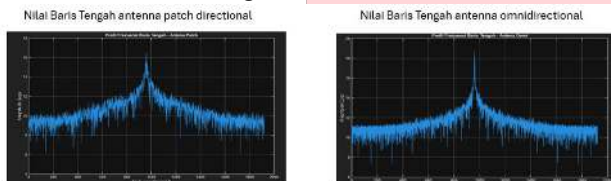


GAMBAR 8

Konversi ke spektrum magnitudo

Transformasi Fourier dilakukan pada gambar greyscale untuk mendapatkan representasi frekuensi. Nilai magnitudo dari transformasi ini kemudian dikonversi ke skala logaritmik agar lebih mudah dibaca dan dibandingkan.

4. Nilai Baris Tengah



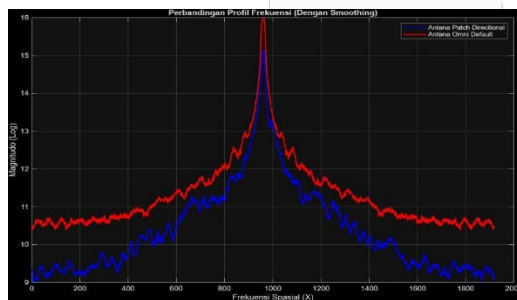
GAMBAR 9

Konversi ke Baris Tengah

Dari spektrum log yang dihasilkan, diambil satu baris tengah (horizontal) sebagai representasi utama untuk perbandingan spasial terhadap komponen frekuensi

5. Perbandingan Grafik

Pada bagian berikut disajikan grafik perbandingan nilai HFR pada Gambar 4.7 sebagai hasil dari pengujian menggunakan kedua jenis antena..



GAMBAR 10

Hasil Pengujian HHFR

Berdasarkan grafik perbandingan HFR pada Gambar 4.7, dapat dilihat bahwa sistem dengan antena patch directional menghasilkan kurva frekuensi yang lebih rendah dan terkonsentrasi dibandingkan antena omni. Nilai amplitudo puncak antena patch lebih kecil (sekitar 14), mengindikasikan distribusi energi spektral yang lebih padat di pusat, yang berarti ketajaman gambar lebih tinggi. Sebaliknya, antena omni menghasilkan amplitudo puncak lebih besar (sekitar 16), menunjukkan gambar yang lebih buram.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem transmisi video FPV berbasis drone dengan mengintegrasikan antena patch directional pada sisi ground station untuk meningkatkan kualitas monitoring visual, khususnya dalam konteks pemantauan area terdampak banjir. Sistem ini dirancang dengan tetap menggunakan modul kamera dan VTX standar, namun mengoptimalkan sisi penerimaan sinyal menggunakan antena dengan pola radiasi terarah.

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, diperoleh dua kesimpulan utama:

1. Sistem transmisi video FPV dengan antena patch directional berhasil dikembangkan dan menunjukkan peningkatan signifikan pada parameter bitrate, latency, dan ketajaman gambar dibandingkan antena omnidirectional.
2. Sistem mampu mempertahankan kualitas video pada jarak menengah hingga jauh secara real-time, serta menurunkan latency hingga 87,7%, menjadikannya lebih andal untuk kebutuhan pemantauan berbasis drone di lingkungan yang luas dan menantang.

REFERENSI

- [1] F. Irfany Muhammad and Y. M. Abdul Aziz, "IMPLEMENTASI KEBIJAKAN DALAM MITIGASI BENCANA BANJIR DI DESA DAYEUKOLOLOT," *Jurnal Ilmu Administrasi*, vol. 11, no. 1, 2020.
- [2] A. Restas, "Drone Applications for Supporting Disaster Management," *World Journal of Engineering and Technology*, vol. 03, no. 03, pp. 316–321, 2015, doi: 10.4236/wjet.2015.33c047.
- [3] R. Guebsi, S. Mami, and K. Chokmani, "Drones in Precision Agriculture: A Comprehensive Review of Applications, Technologies, and Challenges," Nov. 01, 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/drones8110686.
- [4] H. R. Sheikh and A. C. Bovik, "A VISUAL INFORMATION FIDELITY APPROACH TO VIDEO QUALITY ASSESSMENT."
- [5] Y. Tajima *et al.*, "Analysis of Wind Effect on Drone Relay Communications," *Drones*, vol. 7, no. 3, Mar. 2023, doi: 10.3390/drones7030182.
- [6] Y. N. N. Jurusan and I. Komputer, "PENGOLAHAN CITRA DIGITAL PERBANDINGAN METODE HISTOGRAM EQUALIZATION DAN

- SPESIFICATION PADA CITRA ABU-ABU,” *J-ICON*, vol. 7, no. 1, pp. 87–95, 2019.
- [7] G. Nugroho and D. Dectaviansyah, “Design, manufacture and performance analysis of an automatic antenna tracker for an unmanned aerial vehicle (UAV),” *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, vol. 9, no. 1, pp. 32–40, Jul. 2018, doi: 10.14203/j.mev.2018.v9.32-40.
- [8] S. Sufa, J. Marpaung, and R. R. Yacoub, “DESIGN AND REALIZATION OF DIRECTIONAL BIQUAD AND OMNIDIRECTIONAL BIQUAD ANTENNAS AS FIRST PERSON VIEW (FPV) RECEIVER ANTENNAS,” *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, vol. 11, no. 2, p. 19, Aug. 2023, doi: 10.26418/j3eit.v11i2.68564.
- [9] A. Alsoliman, G. Rigoni, D. Callegaro, M. Levorato, C. M. Pinotti, and M. Conti, “Intrusion Detection Framework for Invasive FPV Drones Using Video Streaming Characteristics,” *ACM Transactions on Cyber-Physical Systems*, vol. 7, no. 2, 2023, doi: 10.1145/3579999.
- [10] L. Andre, P. Pinho, C. Gouveia, and C. Loss, “Textile Antenna for First-Person View Goggles,” *Elektronika ir Elektrotechnika*, vol. 27, no. 2, pp. 49–54, 2021, doi: 10.5755/j02.eie.28841.

