

PENGEMBANGAN DAN ANALISIS KINERJA ALGORITMA NEXT BEST VIEW PADA SISTEM MULTI-UAV UNTUK CAKUPAN 3D TANAMAN

AGUSTINUS ZEFANYA



**PROGRAM SARJANA ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pengembangan dan Analisis Kinerja Algoritma Next Best View pada Sistem Multi-UAV untuk Cakupan 3D Tanaman” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, 21 Agustus 2025

Agustinus Zefanya
G6401211092

ABSTRAK

AGUSTINUS ZEFANYA. Pengembangan dan Analisis Kinerja Algoritma Next Best View Planning pada Sistem Multi-UAV untuk Cakupan 3D Tanaman. Dibimbing oleh MEDRIA KUSUMA DEWI HARDHIENATA dan SONY HARTONO WIJAYA.

Pemantauan tanaman secara efisien dan akurat merupakan tantangan dalam sistem *Controlled Environment Agriculture* atau pertanian dalam ruangan. Penggunaan *Unmanned Air Vehicle* (UAV) atau drone jenis *Crazyflie*, yang berukuran kecil dan sangat fleksibel, memungkinkan pemantauan dari berbagai sudut sempit yang tidak terjangkau oleh kamera statis. Tantangan utama dalam sistem ini adalah menentukan posisi optimal drone untuk memaksimalkan cakupan permukaan objek tiga dimensi (*3D Surface Coverage Problem*) dengan jumlah drone yang minimal. Penelitian ini mengembangkan algoritma dengan pendekatan *Next Best View* (NBV), yaitu metode iteratif untuk memilih posisi dan orientasi pandangan drone yang optimal. Meski pendekatan NBV telah banyak digunakan untuk pemetaan atau pemindaian 3D, penerapannya dalam sistem multi-UAV untuk pemantauan tanaman belum banyak dieksplorasi. Algoritma tersebut akan dibandingkan dengan *Genetic Algorithm* (GA), sebuah algoritma evolusioner berbasis seleksi alam, yang sebelumnya digunakan untuk kasus yang serupa. Keduanya dievaluasi pada berbagai model tanaman berbasis objek 3D. Hasil simulasi menunjukkan bahwa GA memberikan cakupan 0.57% lebih tinggi, namun NBV secara konsisten jauh lebih unggul dalam efisiensi waktu komputasi hingga 8.53 kali lebih cepat (88.27% lebih efisien).

Kata kunci: Next Best View, Genetic Algorithm, Multi-UAV, 3D Surface Coverage, Pemantauan Tanaman.



ABSTRACT

AGUSTINUS ZEFANYA. Development and Performance Analysis of Next Best View Planning Algorithm in Multi-UAV Systems for 3D Plant Coverage. Supervised by MEDRIA KUSUMA DEWI HARDHIENATA and SONY HARTONO WIJAYA.

Efficient and accurate plant monitoring remains a challenge in *Controlled Environment Agriculture* or indoor farming environments. The use of small and highly flexible Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), such as the Crazyflie drone, enables monitoring from narrow angles that are inaccessible to static cameras and allows integration into multi-drone systems. A key challenge in this context is determining the optimal drone positions to maximize 3D surface coverage while minimizing the number of drones required. This study proposes an algorithm based on the Next Best View (NBV) approach, an iterative method for selecting the next best drone position and orientation. Although NBV has been widely used in 3D mapping and scanning, its application in multi-UAV plant monitoring systems remains underexplored. The proposed algorithm is compared with the Genetic Algorithm (GA), an evolutionary algorithm based on natural selection, which has been previously applied to similar problems. Both algorithms are evaluated on various 3D mesh-based plant models using point and triangle representations. Simulation results show that while GA achieves 0.57% higher surface coverage, NBV consistently outperforms in computational efficiency, being up to 8.53 times faster (88.27% more efficient).

Keywords: Next Best View, Genetic Algorithm, Multi-UAV, 3D Surface Coverage, Plant Coverage.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 20XX
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

PENGEMBANGAN DAN ANALISIS KINERJA ALGORITMA NEXT BEST VIEW PADA SISTEM MULTI-UAV UNTUK CAKUPAN 3D TANAMAN

AGUSTINUS ZEFANYA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Ilmu Komputer

**PROGRAM SARJANA ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1 Muhammad Asyhar Agmalaro, S.Si., M.Kom



IPB University
Bogor Indonesia

Perpustakaan IPB University



Judul Skripsi : Pengembangan dan Analisis Kinerja Algoritma Next Best View
pada Sistem Multi-UAV untuk Cakupan 3D Tanaman

Nama : Agustinus Zefanya
NIM : G6401211092

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Sony Hartono Wijaya, S.Kom, M.Kom

Pembimbing 2:

Medria Kusuma Dewi Hardhienata S.Komp.,
Ph.D.

Diketahui oleh

Ketua Program Sarjana Ilmu Komputer:

Dr. Sony Hartono Wijaya, S.Kom, M.Kom
NIP. 19810809 200812 1 002

Tanggal Ujian:
25 Agustus 2025

Tanggal Lulus:
27 Agustus 2025



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2025 sampai bulan Juli 2025 ini ialah pengembangan dan analisis algoritma optimasi untuk sistem multi-UAV dalam pemantauan tanaman, dengan judul “Pengembangan dan Analisis Kinerja Algoritma Next-Best-View pada Sistem Multi-UAV untuk Cakupan 3D Tanaman”. Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Sony Hartono Wijaya, S.Kom, M.Kom dan Medria Kusuma Dewi Hardhienata S.Komp., Ph.D. yang telah membimbing serta banyak memberi masukan yang berharga. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik, moderator seminar, serta para penguji luar komisi pembimbing yang telah memberikan kritik dan saran untuk penyempurnaan penelitian ini. Penulis juga berterima kasih kepada teman-teman satu angkatan, rekan penelitian, serta semua pihak yang turut mendukung secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian karya ilmiah ini. Ungkapan terima kasih terdalam penulis sampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang selalu memberikan dukungan, doa, serta kasih sayang yang tiada henti. Tanpa doa dan semangat mereka, karya ilmiah ini tidak akan terselesaikan dengan baik.

Akhir kata, semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan serta menjadi sumbangan kecil bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Bogor, Agustus 2025

Agustinus Zefanya

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Unmanned Aerial Vehicle dan Crazyflie	5
2.2 Masalah Cakupan dan Pemantauan Tanaman	5
2.3 <i>Next Best View</i>	7
2.4 Genetic Algorithm	10
III METODE	13
3.1 Penentuan Parameter	13
3.2 Implementasi pendekatan NBV	14
3.3 Implementasi Genetic Algorithm	17
3.4 Perancangan Lingkungan Simulasi	19
3.5 Pengujian Kinerja Algoritma	23
3.6 Analisis Hasil dan Evaluasi	23
3.7 Lingkungan Pengembangan	24
IV Hasil dan Pembahasan	25
4.1 Representasi 3D Tanaman	26
4.2 Analisis tiap Skenario	27
4.3 Pengaruh parameter <i>tradeoff</i>	37
4.4 Banyak titik sampel dan Waktu Komputasi	38
4.5 Analisis Kompleksitas	39
4.6 Pengaruh Jumlah Kandidat	42
4.7 Modifikasi dan Optimisasi Kondisi Pemberhentian <i>Genetic Algorithm</i>	45
V Simpulan dan Saran	48
5.1 Simpulan	48
5.2 Saran	48

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

1	Skenario Pengujian	22
2	Parameter Skenario Pengujian	23
3	Data Hasil Pengujian Skenario 1 hingga 4	26
4	Data Hasil Simulasi <i>House Plant</i> dengan <i>Point Sampling</i>	29
5	Data Hasil Perbandingan Statistik Simulasi Skenario 1	30
6	Data Hasil Simulasi <i>House Plant</i> dengan <i>Face</i>	31
7	Data Hasil Perbandingan Statistik Simulasi Skenario 2	32
8	Data Hasil Simulasi <i>Fiddle Leaf Plant</i> dengan <i>Point Sampling</i>	33
9	Data Hasil Perbandingan Statistik Simulasi Skenario 3	34
10	Data Hasil Simulasi <i>Fiddle Leaf Plant</i> dengan <i>Face</i>	35
11	Data Hasil Perbandingan Statistik Simulasi Skenario 4	36
12	Perbandingan Kompleksitas Model Tanaman	37
13	Data Hasil Simulasi Anggur iSurf dengan <i>Point Sampling</i>	38
14	Data Hasil Perbandingan Statistik Simulasi Skenario 5	38
15	Data Hasil Pengujian Skenario 1 hingga 4 dengan Penyesuaian Parameter NBV	41
16	Data Hasil Pengujian GA dengan patience dan NBV dengan kandidat tertentu untuk tanaman anggur	48

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR GAMBAR

1	Crazyflie, Flow Deck, AI Deck	5
2	Contoh 3D <i>Surface Coverage Problem</i> pada kasus <i>multi-view stereo</i>	6
3	Implementasi NBV pada tracking dan rekonstruksi objek	8
4	Ilustrasi Formulasi NBV	9
5	Diagram Alur <i>Genetic Algorithm</i>	12
6	Diagram Alur Siklus Evolusi	12
7	Diagram Alur Penelitian	14
8	Sistem Koordinat Crazyflie	14
9	Diagram Alur NBV dengan <i>Greedy Selection</i>	16
10	Ilustrasi Matroid Partisi	18
11	Ilustrasi Representasi Individu Pada GA	19
12	Ilustrasi One-Point Crossover	20
13	Representasi Titik dan Segitiga	21
14	Ilustrasi Penghalang Visibilitas	22
15	Tanaman Anggur iSurf	23
16	Plotting Hasil Fungsi Objektif Tiap Skenario	27
17	Representasi <i>House Plant</i> dan <i>Fiddle Leaf Plant</i> dengan titik sampel	27
18	Representasi <i>House Plant</i> dan <i>Fiddle Leaf Plant</i> dengan segitiga	28
19	Contoh Posisi Drone untuk skenario 1	29
20	Visualisasi Skenario 1	30
21	Contoh Posisi Drone untuk skenario 2	31
22	Visualisasi Skenario 2	32
23	Contoh Posisi Drone untuk skenario 3	32
24	Visualisasi Skenario 3	34
25	Contoh Posisi Drone untuk skenario 4	34
26	Visualisasi Skenario 3	35
27	Referensi Tanaman Anggur dan Representasi dalam Titik Sampel	36
28	Grafik Pergerakan Cakupan dan Jumlah Drone Terhadap Nilai Beta	38
29	Grafik Pergerakan Waktu Komputasi Terhadap Jumlah Titik Sampel	39
30	Grafik Waktu Komputasi Terhadap Jumlah Kandidat	43
31	Grafik Cakupan dan Jumlah Drone Terhadap Jumlah Kandidat pada Model <i>House Plant</i>	44
32	Grafik Cakupan dan Jumlah Drone Terhadap Jumlah Kandidat pada Model <i>Fiddle Leaf Plant</i>	45
33	Grafik Cakupan dan Jumlah Drone Terhadap Jumlah Kandidat pada Model Tanaman Anggur	45
34	Grafik Perbandingan NBV dengan GA Yang Dimodifikasi	48

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil Pengujian Pada Skenario 1 GA	59
2	Hasil Pengujian Pada Skenario 1 NBV	59
3	Hasil Pengujian Pada Skenario 2 GA	60
4	Hasil Pengujian Pada Skenario 2 NBV	61
5	Hasil Pengujian Pada Skenario 3 GA	62
6	Hasil Pengujian Pada Skenario 3 NBV	62
7	Hasil Pengujian Pada Skenario 4 GA	63
8	Hasil Pengujian Pada Skenario 4 NBV	64
9	Hasil Pengujian Pada Skenario 5 GA	65
10	Hasil Pengujian Pada Skenario 5 NBV	65
11	Pergerakan Waktu dan Cakupan Terhadap Parameter Tradeoff	66
12	Metrik GA Terhadap Jumlah Titik Sampel	67
13	Metrik NBV Terhadap Jumlah Titik Sampel	68
14	Data Metrik Pengukuran Terhadap Jumlah Kandidat NBV	69
15	Hasil Simulasi GA dengan Patience 10	86
16	Hasil Simulasi GA dengan Patience 20	86
17	Hasil Simulasi GA dengan Patience 30	87