

**NAVIGASI UAV (*UNMANNED AERIAL VEHICLE*) OTONOM
MENGUNAKAN ALGORITMA SAC (*SOFT ACTOR-CRITIC*)
DENGAN PENDEKATAN *DEEP REINFORCEMENT
LEARNING***

ANGGRA ANWARI



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Navigasi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) Otonom Menggunakan Algoritma SAC (*Soft Actor-Critic*) dengan Pendekatan *Deep Reinforcement Learning*” 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, Juli 2025

Anggra Anwari
G5401201086

ABSTRAK

ANGGRA ANWARI. Navigasi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) Otonom Menggunakan Algoritma SAC (*Soft Actor-Critic*) dengan Pendekatan *Deep Reinforcement Learning*. Dibimbing oleh PRAPTO TRI SUPRIYO dan MOHAMAD KHOIRUN NAJIB.

Navigasi otonom pada *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) di lingkungan dalam ruangan atau tanpa sinyal GPS menjadi tantangan krusial karena pendekatan konvensional seringkali tidak adaptif terhadap kondisi dinamis. Penelitian ini mengusulkan solusi menggunakan algoritma *Soft Actor-Critic* (SAC) dengan pendekatan *Deep Reinforcement Learning*. Model dilatih selama 350.000 langkah simulasi dalam lingkungan *Unreal Engine* dan *AirSim*, yang terdiri dari koridor dengan 15 ruangan dimana tekstur dinding dan posisi lubang diacak untuk meningkatkan kemampuan generalisasi. Pelatihan menggunakan fungsi *reward* yang mempertimbangkan penalti atas tabrakan dan penggunaan energi, serta mengevaluasi tiga jenis input sensor: *DepthMap*, *Single-RGB*, dan *Multi-RGB*. Meskipun nilai *reward* selama pelatihan cenderung negatif (-95 hingga -97) akibat desain penalti yang ketat, hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan navigasi yang sangat tinggi. Model dengan input *DepthMap* menunjukkan performa terbaik, mencapai tingkat keberhasilan 95% dengan waktu penyelesaian rata-rata 12.3 detik. Kinerja ini mengungguli model *Multi-RGB* (94% dengan 12.9 detik) dan *Single-RGB* (91% dengan 13.4 detik). Temuan ini membuktikan bahwa algoritma SAC efektif memandu UAV di lingkungan kompleks, namun perbaikan pada fungsi *reward* dan arsitektur tetap diperlukan untuk meningkatkan efisiensi energi dan generalisasi model. Penelitian ini menegaskan bahwa input *DepthMap* adalah data sensor paling andal untuk tugas navigasi serupa.

Kata kunci: navigasi otonom, SAC, simulasi, UAV.



ABSTRACT

ANGGRA ANWARI. Autonomous UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Navigation Using SAC (Soft Actor-Critic) Algorithm with a Deep Reinforcement learning Approach. Supervised by PRAPTO TRI SUPRIYO and MOHAMAD KHOIRUN NAJIB.

Autonomous navigation for Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in indoor or GPS-denied environments presents a crucial challenge, as conventional approaches often lack adaptability to dynamic conditions. This study proposes a solution using the Soft Actor-Critic (SAC) algorithm with a Deep Reinforcement Learning approach. The model was trained for 350,000 simulation timesteps in an environment built with Unreal Engine and the AirSim plugin. This environment features a corridor with 15 enclosed rooms where wall textures and hole positions are randomized to improve the agent's generalization capabilities. The training process utilized a reward function that balanced penalties for collisions and energy consumption, while evaluating three sensor input types: DepthMap, Single-RGB, and Multi-RGB. Despite the training rewards being negative (ranging from -95 to -97) due to the strict penalty design, testing revealed a very high navigation success rate. The model using DepthMap input demonstrated the best performance, achieving a 95% success rate with an average completion time of 12.3 seconds. This surpassed the performance of the Multi-RGB model (94% success rate with a 12.9-second completion time) and the Single-RGB model (91% success rate with a 13.4-second completion time). These findings demonstrate that the SAC algorithm can effectively guide a UAV in complex environments. However, improvements to the reward function and network architecture are still needed to enhance energy efficiency and model generalization. This study confirms that DepthMap input is the most reliable sensor data for similar navigation tasks.

Keywords: autonomous navigation, SAC, simulation, UAV



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 2025¹
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.

NAVIGASI UAV (*UNMANNED AERIAL VEHICLE*) OTONOM MENGUNAKAN ALGORITMA SAC (*SOFT ACTOR-CRITIC*) DENGAN PENDEKATAN DEEP REINFORCEMENT LEARNING

ANGGRA ANWARI

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

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Penguji pada Ujian Skripsi:
Elis Khatizah, S.Si., M.Si., Ph.D.



IPB University
— Bogor Indonesia —

- 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.

Perpustakaan IPB University



@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.

Judul Skripsi : Navigasi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) Otonom Menggunakan Algoritma SAC (*Soft Actor-Critic*) dengan Pendekatan *Deep Reinforcement Learning*.

Nama : Anggra Anwari
NIM : G5401201086

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Drs. Prapto Tri Supriyo, M.Kom.

Pembimbing 2:

Mohamad Khoirun Najib S.Si., M.Mat.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi Matematika

Dr. Donny Citra Lesmana S.Si., M.Fin.Math.

NIP 197902272005011001

Tanggal Ujian: 17 Juni 2025

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2024 sampai bulan Februari 2025 ini ialah riset *deep reinforcement learning*, dengan judul “Navigasi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) Otonom Menggunakan Algoritma SAC (*Soft Actor-Critic*) dengan Pendekatan *Deep Reinforcement Learning*”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat kekuatan, kesehatan, dan petunjuk selama pengerjaan karya ilmiah ini hingga penulis dapat menyelesaikannya hingga akhir,
2. keluarga penulis yang selalu memberikan doa, dukungan dan motivasi kepada penulis selama ini,
3. Bapak Drs. Prapto Tri Supriyo, M.Kom. dan Bapak Mohamad Khoirun Najib S.Si., M.Mat. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan saran, ilmu, kritik dan bimbingan yang memotivasi dan membantu dalam menyelesaikan karya ilmiah ini,
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Matematika FMIPA IPB yang telah membantu saya selama masa studi,
5. Dila, yang selalu setia menemani dan memberikan dukungan selama di Departemen Matematika, serta seluruh teman-teman Departemen Matematika khususnya angkatan 57 yang sudah baik dan selalu berbagi ilmu kepada penulis,
6. Rekan-rekan IPB *Robotic club* & ARLab yang menemani penulis dan memberikan dukungan moral bagi penulis,
7. seluruh pihak yang telah membantu dalam penulisan karya ilmiah ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2025

Anggra Anwari

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Navigasi Tanpa GPS	3
2.2 Navigasi UAV	4
2.3 DRL (<i>Deep Reinforcement Learning</i>)	5
2.4 Teori Entropi dalam SAC	12
2.5 Analisis Optimasi dan Konvergensi SAC	13
2.6 Evaluasi Kinerja Model Secara Matematis	15
III METODE	15
3.1 Sumber dan Jenis Data	16
3.2 Diagram Alir Penelitian	17
3.3 Tahap Penelitian	17
3.4 Perangkat Lunak	30
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Visualisasi <i>Drone</i> selama <i>Training</i> dan <i>Testing</i>	31
4.2 Hasil <i>Training</i>	32
4.3 <i>Tuning Hyperparameter</i>	35
4.4 Analisis Validasi Model	36
4.5 Evaluasi Model	37
4.6 <i>Reward</i> Negatif Tidak Menghalangi Keberhasilan	38
V SIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Simpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	43
RIWAYAT HIDUP	51



DAFTAR TABEL

1	Arsitektur <i>DepthMap</i> (<i>Conv2D</i> + <i>BatchNorm2D</i>):	22
2	Arsitektur <i>Single-RGB</i> (<i>Conv2D</i> + <i>BatchNorm2D</i>)	26
3	Arsitektur <i>Multi-RGB</i> (<i>Conv2D</i> + <i>BatchNorm2D</i>)	28
4	<i>Average success rate</i> (%) untuk setiap model	35
5	Tingkat keberhasilan berdasarkan waktu penyelesaian	36

DAFTAR GAMBAR

6	Arsitektur UAV	4
7	Ilustrasi keterkaitan keenam bidang dari <i>artificial intelligence</i>	5
8	Tipe-tipe <i>machine learning</i>	7
9	Mekanisme sederhana RL (<i>reinforcement learning</i>)	8
10	<i>Airsim Drone Lab</i>	11
11	Diagram alir penelitian	17
12	Lima <i>layer neural network</i> yang digunakan	19
13	Diagram <i>LeNet-Style</i> untuk <i>DepthMap</i>	22
14	Tiga <i>colormap</i> berbeda	23
15	Diagram <i>LeNet-Style</i> untuk <i>Single-RGB</i>	26
16	Diagram <i>LeNet-Style</i> untuk <i>Multi-RGB</i>	29
17	<i>Drone</i> tampak atas.	31
18	Lingkungan simulasi UAV	31
19	Visualisasi kamera yang ditangkap UAV	32
20	Grafik perubahan <i>reward</i> rata-rata selama <i>training</i>	33
21	Grafik <i>reward</i> rata-rata per episode	33
22	Grafik panjang episode rata-rata selama <i>training</i>	34
23	Grafik panjang episode rata-rata per jumlah step	34

DAFTAR LAMPIRAN

24	Bahasa pemrograman dan <i>package</i> untuk membuat model DRL dari algoritma SAC	43
25	Konfigurasi <i>hyperparameter</i> yang digunakan selama <i>training</i>	45
26	<i>Setting.json</i>	46
27	Gambar <i>LeNet-style DepthMap</i>	47
28	Gambar <i>LeNet-style Single-RGB</i>	48
29	Gambar <i>LeNet-style Multi-RGB</i>	49
30	Code simulasi SAC <i>Autonomous Navigation for Quadcopter</i>	50