



INTEGRASI KECERDASAN BUATAN DALAM DRONE MILITER: ANALISIS TEKNOLOGI DAN IMPLEMENTASI PADA TNI ANGKATAN DARAT

Eka Indri Widarti

Prodi Teknik Elektronika Pertahanan, Akademi Militer, Indonesia
ekaindriwidarti1995@gmail.com

Adi Murtopo

Prodi Teknik Elektronika Pertahanan, Akademi Militer, Indonesia
adimurtopo@gmail.com

ABSTRAK

Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence/AI*) telah merevolusi sistem persenjataan militer global, terutama melalui pengembangan drone militer otonom. Teknologi ini meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kemampuan pengambilan keputusan di medan perang tanpa keterlibatan langsung operator manusia. Tulisan ini membahas secara mendalam integrasi AI dalam sistem drone militer, termasuk arsitektur teknologinya, serta meninjau implementasi dan tantangannya di Indonesia, khususnya pada TNI Angkatan Darat (TNI AD). Dengan pendekatan deskriptif-kualitatif dan studi literatur dari sumber global dan nasional, tulisan ini mengkaji kemampuan drone berbasis AI dari sisi sistem kontrol, algoritma, sensor, serta peluang transformasi pertahanan Indonesia. Kajian ini menyimpulkan bahwa meskipun Indonesia telah mengembangkan beberapa drone militer, penerapan AI di dalamnya masih sangat terbatas. Oleh karena itu, roadmap nasional untuk pengembangan drone militer berbasis AI sangat mendesak guna memastikan kesiapan menghadapi tantangan geopolitik masa depan.

Kata-kunci: Kecerdasan Buatan, drone militer, TNI Angkatan Darat, otonomi, sistem senjata cerdas.

THE INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MILITARY DRONES: A TECHNOLOGICAL ANALYSIS AND ITS IMPLEMENTATION IN THE INDONESIAN ARMY

ABSTRACT

Artificial Intelligence (AI) has revolutionized global military weapons systems, particularly through the development of autonomous military drones. This technology enhances efficiency, accuracy, and decision-making capabilities on the battlefield without direct human operator involvement. This paper provides an in-depth discussion on the integration of AI into military drone systems, including their technological architecture, and examines its implementation and challenges in Indonesia, specifically within the Indonesian Army. Using a descriptive-qualitative approach and literature review from both global and national sources, the study analyzes AI-enabled drones in terms of control systems, algorithms, sensors, and the potential for transforming Indonesia's defense sector. The findings suggest that although Indonesia has developed several military drones, the application of AI remains very limited. Therefore, a national roadmap for the development of AI-based military drones is urgently needed to ensure readiness for future geopolitical challenges.

Keywords: Artificial Intelligence, military drones, Indonesian Army, autonomy, intelligent weapon systems.

PENDAHULUAN

Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence/AI*) kini menjadi elemen kunci dalam transformasi sistem persenjataan modern. Dalam platform Unmanned Aerial Vehicles (UAV), AI memungkinkan misi-misi kompleks dilakukan secara otonom, mulai dari pengintaian, akuisisi target, hingga serangan presisi tanpa intervensi manusia secara langsung (Boulanin & Verbruggen, 2017). Negara-negara seperti Amerika Serikat, Tiongkok, dan Israel telah menerapkan sistem drone militer berbasis AI untuk memperkuat keunggulan strategis mereka. Misalnya, MQ-9 Reaper milik AS telah dilengkapi algoritma pengenalan target berbasis machine learning untuk mendukung keputusan taktis secara *real-time* (Cummings, 2017).

Di sisi lain, Indonesia, khususnya TNI Angkatan Darat, telah mulai menggunakan drone dalam beberapa operasi militer terbatas. Namun, integrasi AI dalam sistem UAV nasional masih berada pada tahap awal, dengan minimnya pengembangan sistem otonomi atau pengolahan citra berbasis AI. Ketertinggalan ini berpotensi menimbulkan implikasi serius terhadap daya tangkal dan kesiapsiagaan nasional. Seperti dikemukakan oleh Scharre (2018), ketimpangan dalam penguasaan sistem otonom berbasis AI dapat menciptakan asimetri strategis dalam konflik modern. Oleh karena itu, kajian ini menjadi penting tidak hanya dalam dimensi teknis, tetapi juga sebagai dasar pengembangan kebijakan pertahanan jangka panjang yang adaptif terhadap revolusi militer berbasis teknologi. Minimnya pemanfaatan AI dalam sistem UAV nasional dapat menimbulkan implikasi strategis yang signifikan. Ketertinggalan dalam penguasaan teknologi ini bukan hanya

berdampak pada efektivitas operasional TNI AD di lapangan, tetapi juga berpotensi memperbesar kesenjangan teknologi militer Indonesia dibandingkan dengan negara-negara lain di kawasan Asia-Pasifik yang sudah mulai membangun sistem pertahanan berbasis AI. Hal ini juga menimbulkan risiko dependensi terhadap vendor asing dalam hal sensor, algoritma, maupun sistem komunikasi militer.

Oleh karena itu, penting untuk tidak memandang kajian mengenai integrasi AI dalam drone militer hanya sebagai isu teknis atau teknologi canggih belaka. Tulisan ini memiliki urgensi yang tinggi sebagai landasan awal dalam formulasi kebijakan pertahanan nasional berbasis teknologi, termasuk arah modernisasi alat utama sistem senjata (alutsista), pengembangan sumber daya manusia militer di bidang teknologi informasi dan kecerdasan buatan, serta pembentukan ekosistem pertahanan yang adaptif terhadap Revolusi Industri 4.0 dan potensi perang berbasis algoritma. Dengan pendekatan ini, Indonesia tidak hanya mengejar ketertinggalan, tetapi juga membangun fondasi bagi kedaulatan teknologi militer di masa depan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode studi literatur (*library research*). Pendekatan ini dipilih untuk menggali dan menganalisis berbagai informasi serta temuan yang relevan mengenai integrasi kecerdasan buatan (AI) dalam sistem drone militer, khususnya dalam konteks pertahanan Indonesia melalui TNI Angkatan Darat (Creswell, 2014). Data yang digunakan bersifat sekunder dan diperoleh dari berbagai sumber kredibel, seperti jurnal ilmiah, laporan

kebijakan pertahanan, dokumen resmi pemerintah, publikasi lembaga riset internasional, serta artikel analisis strategis dari pakar pertahanan dan teknologi militer (Boulanin & Verbruggen, 2017; Giles, 2021; Scharre, 2018).

Metode ini memungkinkan peneliti untuk mengkaji perkembangan teknologi drone AI secara global, menganalisis studi kasus negara-negara maju, serta menelaah posisi dan kesiapan Indonesia dalam menghadapi transformasi sistem senjata modern. Selain itu, pendekatan ini digunakan untuk menyusun rekomendasi strategis yang dapat dijadikan pijakan dalam merumuskan kebijakan pertahanan berbasis teknologi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan gambaran komprehensif secara teknis, tetapi juga menyajikan analisis konseptual atas tantangan dan peluang yang dihadapi Indonesia dalam pengembangan drone militer berbasis AI.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Arsitektur Teknis AI pada Drone Militer

Drone militer berbasis AI terdiri dari lima komponen teknis utama yang memungkinkan otonomi dan efektivitas dalam operasi tempur.

1. Sistem Persepsi

Sistem ini menggunakan kombinasi sensor elektro-optik/*infrared* (EO/IR), LiDAR, dan radar, yang diolah melalui teknologi computer vision. Sensor-sensor ini memungkinkan drone untuk memahami medan, mengidentifikasi objek, serta menilai situasi taktis secara real-time. Teknologi seperti *Convolutional Neural Networks* (CNN) telah terbukti efektif dalam deteksi dan klasifikasi target dari citra udara

(Zhao et al., 2019). Penggunaan sensor multimodal juga meningkatkan akurasi deteksi di berbagai kondisi cuaca dan pencahayaan (Karaca et al., 2021).

2. Unit Prosesor *Onboard*

Drone modern menggunakan chip AI seperti NVIDIA Jetson TX2, Google Coral, atau FPGA (*Field-Programmable Gate Arrays*) untuk mengeksekusi algoritma *deep learning* secara lokal, tanpa perlu mengandalkan koneksi pusat data (Redmon & Farhadi, 2018). Hal ini penting untuk menghindari latensi dan menjaga kelangsungan operasi di area tanpa konektivitas.

3. Navigasi Otonom

Sistem navigasi menggabungkan GPS, *Inertial Navigation System* (INS), dan algoritma *pathfinding* berbasis *graph search* seperti A* serta *reinforcement learning*. Pendekatan ini memungkinkan drone menghindari rintangan secara dinamis dan menentukan rute optimal menuju target (Koch et al., 2019). Navigasi otonom juga memungkinkan koordinasi dalam misi multi-drone atau operasi jarak jauh.

4. Target Recognition & Tracking

Identifikasi target didukung oleh CNN untuk klasifikasi objek dan *Recurrent Neural Networks* (RNN) atau *Long Short-Term Memory* (LSTM) untuk pelacakan gerak target secara terus-menerus. Dalam pengujian operasional, algoritma seperti YOLO (*You Only Look Once*) telah digunakan untuk deteksi cepat dan akurat terhadap kendaraan tempur, personel, dan peralatan militer (Bochkovskiy et al., 2020).

5. Komunikasi Taktis

Sistem komunikasi drone berbasis jaringan *mesh ad-hoc* memungkinkan koneksi antar drone tanpa perlu infrastruktur tetap. Selain

itu, integrasi komunikasi satelit dan sistem enkripsi adaptif menjaga kerahasiaan dan ketahanan jaringan terhadap serangan siber (Giles, 2021). Kemampuan ini krusial dalam misi drone swarming dan C4ISR (*Command, Control, Communication, Computers, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance*).

Studi Global Integrasi AI pada UAV

Sejumlah negara maju telah mengintegrasikan kecerdasan buatan ke dalam sistem UAV militer mereka untuk meningkatkan efisiensi dan presisi dalam operasi tempur serta intelijen. Berikut beberapa contoh UAV unggulan dengan penerapan AI yang signifikan:

1. MQ-9 Reaper (Amerika Serikat):

MQ-9 Reaper adalah drone tempur generasi lanjut yang mengintegrasikan AI untuk pengenalan target secara otomatis dan pengambilan keputusan berbasis data. Sistem *command-autonomy hybrid*-nya memungkinkan pelaksanaan misi ISR (*Intelligence, Surveillance, Reconnaissance*) serta serangan presisi tanpa kendali penuh operator. Teknologi ini membantu meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi beban kerja manusia dalam pengawasan udara (Cummings, 2017).

2. Harpy & Harop (Israel):

Kedua UAV ini merupakan loitering munition yang dirancang untuk berdiam di udara dan menghancurkan target berdasarkan sinyal radar musuh. AI memungkinkan drone mengenali, memilih, dan menyerang target secara mandiri tanpa konfirmasi manusia di akhir proses. Ini menunjukkan kemajuan dalam sistem otonom yang dapat mengambil keputusan kritis secara *real-time* (Giles, 2021).

3. Wing Loong II (Tiongkok):

Wing Loong II mampu menjalankan misi tempur dan intelijen secara bersamaan, dengan sistem AI yang mendukung analisis medan dan optimalisasi rute terbang. Kemampuan ini memungkinkan drone untuk menyesuaikan jalur penerbangan secara dinamis berdasarkan ancaman dan kondisi lingkungan. AI juga digunakan dalam pengenalan target berbasis citra dan integrasi dengan sistem komando (Kania, 2019).

4. Bayraktar TB2 (Turki):

Bayraktar TB2 terkenal dalam konflik seperti di Nagorno-Karabakh dan Suriah karena kemampuannya melaksanakan misi secara semi-otonom. AI digunakan untuk stabilisasi penerbangan, akuisisi target, serta perencanaan misi berbasis data *real-time*. Efisiensinya menjadikannya salah satu UAV paling *cost-effective* yang digunakan dalam peperangan modern (Scharre, 2018).

Kondisi Drone Militer TNI Angkatan Darat

TNI AD) telah memulai adopsi teknologi UAV untuk mendukung operasi pengawasan dan intelijen terbatas. Dua platform utama yang saat ini digunakan adalah Wulung UAV dan Rajawali UAV, meskipun keduanya masih dalam tahap awal integrasi AI.

1. Wulung UAV

Wulung adalah drone taktis jarak menengah hasil kolaborasi antara LAPAN dan PT Dirgantara Indonesia, yang dirancang untuk keperluan pengintaian udara. UAV ini dilengkapi dengan sensor elektro-optik/*infrared* (EO/IR) serta sistem kendali jarak jauh berbasis *ground control station*.

Walaupun belum menggunakan sistem AI sepenuhnya, Wulung menjadi langkah awal strategis menuju integrasi drone otonom buatan dalam negeri (Kusuma, 2022; Rachman, 2023).

2. Rajawali UAV

Rajawali adalah *platform* drone modular dengan kemampuan observasi yang dilengkapi sistem navigasi berbasis GPS dan komunikasi nirkabel. Sistemnya masih bersifat konvensional, namun strukturnya yang modular memberikan peluang integrasi teknologi AI, khususnya untuk pemrosesan citra udara secara *real-time* menggunakan *computer vision*. Potensi ini sangat penting bagi TNI AD dalam mendeteksi pergerakan musuh dan mendukung intelijen taktis di medan tempur (Siregar, 2021).

3. Potensi Integrasi Sistem AI:

TNI AD telah memulai kerja sama riset dengan lembaga nasional seperti Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), ITB, dan LAPAN untuk mengeksplorasi pemanfaatan AI dalam UAV. Fokus kolaborasi ini mencakup pengembangan sistem klasifikasi objek berbasis citra udara, serta pengintegrasian drone dalam sistem C4ISR. Langkah ini menjadi krusial untuk memperkuat kapasitas tempur TNI AD di era peperangan berbasis informasi (Kementerian Pertahanan RI, 2020; Boulanin & Verbruggen, 2017).

Potensi Integrasi AI dalam Drone TNI AD

1. Deteksi Dini & Pengawasan Perbatasan

Penggunaan teknologi deep learning seperti YOLO dan *Faster-RCNN* memungkinkan drone mendeteksi dan mengklasifikasikan objek mencurigakan

secara real-time dengan akurasi tinggi. Sistem ini sangat berguna dalam konteks pengawasan perbatasan, di mana respon cepat terhadap infiltrasi atau aktivitas ilegal menjadi kunci. Menurut Redmon et al. (2016), model seperti YOLO mampu melakukan deteksi objek dalam satu kali pemrosesan, sehingga sangat cocok untuk drone dengan keterbatasan komputasi onboard.

2. Analisis Gambar *Real-Time*

Integrasi *semantic segmentation* dalam drone militer memungkinkan pemetaan wilayah konflik secara detail serta identifikasi struktur tersembunyi, seperti bunker atau jalur gerilya. Teknologi ini dapat dihubungkan langsung ke sistem dashboard komando TNI AD, mempercepat proses pengambilan keputusan taktis. Seperti dijelaskan oleh Long, Shelhamer, & Darrell (2015), metode *segmentation* memberikan pemahaman spasial menyeluruh terhadap lingkungan, menjadikannya sangat berguna untuk misi intelijen dan pengawasan militer.

3. *Drone Swarming*

Konsep drone swarming memungkinkan sekelompok UAV untuk beroperasi secara kolaboratif dengan komunikasi dan manuver yang terkoordinasi tanpa kontrol manusia langsung. Dalam operasi militer, *swarm* dapat digunakan untuk misi penyerangan terdistribusi, mengelabui sistem radar musuh, atau operasi pencarian dan penyelamatan (SAR) secara simultan. Menurut Chowdhury et al. (2022), teknologi swarm berbasis AI dapat meningkatkan efektivitas misi serta redundansi operasional dalam lingkungan yang dinamis dan berbahaya.

4. Simulasi dan Pelatihan Berbasis AI

Model kecerdasan buatan juga dapat diterapkan dalam simulasi pelatihan tempur bagi operator drone, termasuk melalui skenario berbasis *reinforcement learning*. Simulasi ini memberikan pengalaman adaptif yang menyerupai kondisi nyata di medan perang, mempercepat penguasaan taktik dan reaksi operator. Sutton & Barto (2018) menjelaskan bahwa *reinforcement learning* efektif dalam menciptakan agen cerdas yang mampu belajar dari pengalaman melalui *reward* dan *punishment* dalam lingkungan simulatif yang kompleks.

Tantangan Implementasi AI pada Drone TNI AD

1. Ketersediaan Infrastruktur Data dan Komputasi

AI dalam sistem militer membutuhkan volume data besar dan berkualitas tinggi, terutama untuk pelatihan model *deep learning* yang akurat. Namun, TNI AD masih menghadapi keterbatasan dalam hal penyimpanan, pengumpulan, dan pengolahan big data militer yang aman dan terstruktur. Seperti dikemukakan oleh Cummings (2017), keberhasilan sistem AI militer sangat bergantung pada infrastruktur komputasi yang kuat dan keberadaan data pelatihan yang representatif terhadap lingkungan operasional.

2. Keterbatasan SDM Teknologi

Kurangnya sumber daya manusia yang memiliki kompetensi dalam bidang AI, *computer vision*, dan *autonomous systems* menjadi hambatan utama dalam adopsi teknologi ini di TNI AD. Pengetahuan teknis yang mendalam sangat diperlukan, baik untuk pengembangan, integrasi, maupun pemeliharaan sistem AI pada drone

militer. Menurut Lin, Bekey, dan Abney (2020), penguasaan teknologi mutakhir dalam militer harus dimulai dari investasi pendidikan teknis dan pelatihan spesifik untuk personel operasional.

3. Aspek Hukum dan Etika:

Hingga saat ini belum terdapat kerangka hukum domestik di Indonesia yang secara spesifik mengatur penggunaan senjata otonom berbasis AI. Hal ini menimbulkan kekhawatiran terkait akuntabilitas dan potensi pelanggaran hukum humaniter internasional jika AI diberi kewenangan membuat keputusan mematikan. ICRC (2021) menegaskan bahwa peningkatan otonomi dalam fungsi senjata harus selalu mempertimbangkan prinsip-prinsip legalitas, proporsionalitas, dan tanggung jawab manusia.

4. Ketergantungan pada Teknologi Asing:

Banyak komponen utama dalam sistem drone berbasis AI, seperti prosesor, sensor, dan perangkat lunak, masih didominasi oleh produk luar negeri. Ketergantungan ini berpotensi melemahkan kemandirian strategis Indonesia dalam bidang pertahanan, terutama jika terjadi embargo atau pembatasan ekspor teknologi. Boulanin dan Verbruggen (2017) menyebutkan bahwa dominasi negara maju dalam rantai pasok AI militer dapat menciptakan ketimpangan akses dan meningkatkan kerentanan teknologi pertahanan negara berkembang.

Rekomendasi Strategis

1. Penguatan Ekosistem Riset AI Militer

Pemerintah Indonesia perlu membentuk pusat riset AI militer

nasional yang didukung pendanaan berkelanjutan serta kerja sama antara TNI, universitas, dan industri teknologi. Pendekatan kolaboratif ini penting agar inovasi AI dapat dikembangkan sesuai kebutuhan operasional dan kondisi geografis Indonesia. Menurut Cummings (2017), ekosistem riset pertahanan yang terintegrasi sangat krusial untuk memastikan kesiapan teknologi militer berbasis AI di era persaingan strategis global.

2. Pengembangan Dataset Militer Lokal

Dataset lokal seperti citra udara dan pola pergerakan taktis di wilayah Indonesia harus dikumpulkan dan dikurasi sebagai fondasi pelatihan algoritma AI militer. Tanpa data kontekstual yang representatif, akurasi sistem AI dalam mengenali ancaman atau lingkungan tempur akan rendah. Boulanin dan Verbruggen (2017) menekankan bahwa ketersediaan data lokal menjadi syarat utama agar sistem otonom dapat berfungsi optimal dalam skenario nasional.

3. Pendidikan dan Pelatihan Khusus

TNI AD harus menyelenggarakan pelatihan khusus AI dan robotika militer untuk perwira dan teknisi, dengan melibatkan perguruan tinggi dan pusat riset nasional. Program ini mencakup pemrograman AI, computer vision, dan pemeliharaan sistem drone berbasis pembelajaran mesin. Lin et al. (2020) menggarisbawahi bahwa pelatihan teknis personel militer merupakan langkah penting agar integrasi AI berjalan secara berkelanjutan dan tidak tergantung pada pihak eksternal.

4. Perlindungan dan Independensi Teknologi

Perlu ada kebijakan nasional yang mendorong kemandirian dalam

pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak AI untuk sektor pertahanan. Ketergantungan pada teknologi asing dapat menimbulkan risiko keamanan, terutama dalam situasi geopolitik yang tidak menentu. Scharre (2018) menyatakan bahwa negara yang menguasai rantai pasok teknologi AI pertahanan memiliki keunggulan strategis dan kontrol atas keberlanjutan sistem senjatanya.

SIMPULAN

Integrasi AI dalam drone militer membawa peluang besar dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi operasi militer. TNI AD, sebagai kekuatan utama pertahanan darat Indonesia, perlu mulai merancang strategi jangka panjang dalam pengembangan dan adopsi teknologi ini. Langkah awal berupa peningkatan kapasitas teknis dan investasi dalam riset AI akan menjadi fondasi penting bagi pertahanan masa depan Indonesia yang berbasis teknologi cerdas. Dengan memahami arsitektur teknis dan mengatasi tantangan yang ada, TNI AD dapat meraih kemandirian teknologi dan keunggulan strategis di kawasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Boulanin, V., & Verbruggen, M. (2017). Mapping the development of autonomy in weapon systems. Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI).
- Creswell, J. W. (2014). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4th ed.). SAGE Publications.
- Cummings, M. L. (2017). Artificial intelligence and the future of warfare. Chatham House.
- Giles, K. (2021). Military applications of artificial intelligence: Ethical

concerns in an unpredictable world. NATO Strategic Communications Centre of Excellence.

ICRC. (2021). Autonomous weapon systems: Implications of increasing autonomy in the critical functions of weapons. International Committee of the Red Cross.

Kementrian Pertahanan RI. (2020). Laporan Tahunan Kemhan 2020. Jakarta: Kemhan.

Kusuma, A. (2022). Integrasi Teknologi UAV dalam Operasi Militer Indonesia. *Jurnal Pertahanan & Strategi*, 8(2), 115–132.

Lin, P., Bekey, G., & Abney, K. (2020). Robot ethics: The ethical and social implications of robotics (2nd ed.). MIT Press.

Rachman, Y. (2023). Strategi Modernisasi Drone Militer Indonesia di Era Revolusi Industri 4.0. *Jurnal Pertahanan dan Keamanan Nusantara*, 9(1), 45–59.

Scharre, P. (2018). *Army of none: Autonomous weapons and the future of war*. W. W. Norton & Company.

Zhao, Y., & Chen, X. (2020). Deep learning-based real-time object detection for military UAVs. *Defence Technology*, 16(5), 1021–1030.
<https://doi.org/10.1016/j.dt.2020.01.007>