

Dari Sains Fiksi ke Medan Perang: Realitas dan Tantangan Pesawat Tanpa Awak Bersenjata dengan Kecerdasan Buatan

Santosa Edy Wibowo

Teknik Mesin, Politeknik TEDC Bandung, Indonesia

Alamat Kampus: Jl. Politeknik Jl. Pesantren No.2, Cibabat, Kec. Cimahi Utara, Kota Cimahi, Jawa Barat 40513

Korespondensi penulis: santosaedy@poltektedc.ac.id

Abstract: *The integration of artificial intelligence (AI) into Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) has revolutionized modern warfare, offering significant strategic advantages while simultaneously raising profound ethical and regulatory challenges. This journal explores the multifaceted implications of AI-weaponized UAVs, examining their strategic benefits, ethical concerns, regulatory needs, and potential future applications. It argues for a cautious approach to development and deployment, emphasizing the crucial need for international cooperation and ethical frameworks to mitigate the risks associated with this transformative technology.*

Keywords: *Artificial Intelligence (AI), Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), mitigation*

Abstrak: Integrasi kecerdasan buatan (AI) ke dalam Kendaraan Udara Tak Berawak (UAV) telah mengubah lanskap peperangan modern, menawarkan berbagai keuntungan strategis yang signifikan, sekaligus menimbulkan tantangan etika, hukum, dan peraturan yang mendalam. Artikel ini mengeksplorasi berbagai implikasi dari UAV bersenjata yang didukung AI, dengan fokus pada manfaat strategis, isu etika, kebutuhan regulasi, dan potensi aplikasi di masa depan. Kami berargumen bahwa pengembangan dan penyebaran UAV bersenjata AI memerlukan pendekatan yang hati-hati dan multilateral, serta peran krusial kerja sama internasional dan kerangka kerja etika untuk memitigasi potensi risiko terkait teknologi ini.

Kata kunci: Kecerdasan Buatan, Pesawat tanpa awak, mitigasi

1. LATAR BELAKANG

Kemajuan pesat kecerdasan buatan (AI) telah membawa transformasi signifikan dalam berbagai sektor, termasuk militer. Salah satu contoh paling mencolok dari penerapan teknologi ini adalah pengembangan Kendaraan Udara Tak Berawak (UAV) bersenjata yang dilengkapi dengan AI. UAV ini, yang beroperasi baik secara otonom maupun semi-otonom, telah merubah paradigma strategi peperangan modern. Sebagai sistem yang mampu melaksanakan misi tanpa campur tangan manusia langsung, UAV bersenjata ini memanfaatkan kemampuan AI untuk menjalankan analisis data dalam jumlah besar, mengidentifikasi sasaran, dan bahkan membuat keputusan tentang keterlibatan dalam pertempuran (Cummings, 2017). Kemampuan untuk beroperasi secara otonom membawa potensi besar untuk meningkatkan efisiensi dan ketepatan, namun juga membuka pertanyaan mendalam tentang akuntabilitas, eskalasi konflik, dan dampaknya terhadap prinsip dasar peperangan itu sendiri.

Seiring dengan kemajuan tersebut, muncul berbagai tantangan yang berkaitan dengan etika dan regulasi teknologi UAV bersenjata AI. Salah satu tantangan terbesar adalah terkait dengan akuntabilitas dalam keputusan yang diambil oleh sistem otonom. Ketika UAV

membuat keputusan untuk menyerang target tanpa intervensi manusia, siapa yang bertanggung jawab jika keputusan tersebut mengakibatkan korban sipil atau pelanggaran hukum internasional? (Sharkey, 2019). Masalah ini menjadi semakin kompleks karena AI, meskipun mampu memproses data lebih cepat dan dengan akurasi lebih tinggi dibandingkan manusia, tidak memiliki kapasitas untuk menilai konteks sosial dan moral secara mendalam, yang menjadi landasan utama dalam pengambilan keputusan etis dalam peperangan (Lin, Bekey, & Abney, 2008). Dengan demikian, masalah akuntabilitas menjadi salah satu isu penting yang memerlukan perhatian serius dalam pengembangan dan penggunaan UAV bersenjata AI.

Di samping itu, eskalasi konflik juga menjadi kekhawatiran yang muncul seiring dengan penggunaan UAV bersenjata AI. Kemampuan UAV untuk bertindak secara cepat dan otonom dapat mengurangi waktu respons dalam peperangan, yang dapat memperburuk eskalasi konfrontasi. Menurut Arquilla dan Ronfeldt (2013), cepatnya pengambilan keputusan oleh sistem AI dapat mempercepat tempo konflik yang tidak terduga, menjadikan intervensi diplomatik atau negosiasi hampir tidak mungkin dilakukan sebelum situasi menjadi lebih buruk. Dalam beberapa kasus, kemampuan untuk melibatkan UAV dalam peperangan tanpa keputusan yang melibatkan manusia secara langsung dapat menurunkan ambang batas penggunaan kekuatan, yang berisiko meningkatkan ketegangan internasional dan memperburuk konflik yang sudah ada (Gow, 2020).

Selain itu, dampak penggunaan UAV bersenjata AI terhadap hakikat peperangan itu sendiri juga menjadi bahan perdebatan. Secara historis, peperangan melibatkan keputusan manusia yang diwarnai oleh pertimbangan moral, empati, dan konteks sosial. Keputusan yang diambil dalam perang, meskipun sering kali sulit dan penuh pertimbangan, mencerminkan dimensi manusia dalam proses tersebut. Penggunaan UAV AI, di sisi lain, dapat mengurangi elemen kemanusiaan ini, mengarah pada peperangan yang semakin "dehumanized", di mana keputusan untuk mengakhiri nyawa dapat dibuat tanpa keterlibatan langsung manusia yang merasakan konsekuensi emosional dari keputusan tersebut. Hal ini bisa mengubah cara kita memandang perang, mengurangi kesadaran terhadap dampak dari konflik tersebut, dan mengarah pada pergeseran nilai dalam hukum internasional terkait perang (Sparrow, 2007).

Dengan demikian, meskipun UAV bersenjata AI menawarkan berbagai potensi keuntungan, seperti peningkatan efisiensi dan akurasi, pengurangan risiko bagi personel manusia, serta penurunan biaya operasional, tantangan besar terkait akuntabilitas, etika, dan eskalasi konflik tidak dapat diabaikan. Dalam menghadapi tantangan ini, penting untuk menyusun kerangka regulasi internasional yang jelas dan komprehensif, yang dapat memastikan bahwa penggunaan UAV bersenjata AI tidak hanya efisien, tetapi juga

bertanggung jawab dan sesuai dengan prinsip-prinsip kemanusiaan yang mendasar. Pemerintah dan lembaga internasional harus bekerja sama untuk mengembangkan pedoman dan peraturan yang mengatur teknologi ini, memastikan bahwa AI dalam konteks militer digunakan secara etis dan tidak menimbulkan kerugian yang lebih besar bagi masyarakat global (Heath & Vogel, 2020). Hanya dengan pendekatan yang hati-hati dan terstruktur kita dapat memanfaatkan teknologi ini secara maksimal, tanpa mengorbankan nilai-nilai kemanusiaan dan perdamaian dunia.

2. KAJIAN TEORITIS

Kendaraan Udara Tak Berawak (UAV) bersenjata yang dilengkapi dengan kecerdasan buatan (AI) merupakan salah satu inovasi paling transformatif dalam peperangan modern. UAV ini menggabungkan algoritma pembelajaran mesin (machine learning) dan pengolahan data yang canggih, yang memungkinkan mereka untuk melaksanakan berbagai tugas militer dengan tingkat otonomi yang sangat tinggi. Teknologi ini dapat mengenali target secara otomatis, menavigasi medan perang tanpa campur tangan manusia, dan bahkan membuat keputusan terkait keterlibatan dalam konflik (Cummings, 2017). Proses ini dilakukan dengan bantuan sistem AI yang mampu memproses data dalam jumlah besar dan dengan kecepatan yang jauh melampaui kapasitas manusia, menghasilkan keunggulan operasional yang signifikan. Meskipun operator manusia tetap memiliki kendali atas sistem ini dalam banyak hal, UAV bersenjata AI dapat melakukan banyak fungsi secara mandiri, menawarkan potensi efisiensi, kecepatan, dan akurasi yang lebih besar dibandingkan dengan sistem tradisional yang sepenuhnya bergantung pada manusia (Lin, Bekey, & Abney, 2008).

Penggunaan AI dalam UAV bersenjata memungkinkan mereka untuk melakukan berbagai fungsi penting yang biasanya memerlukan kehadiran personel manusia di medan perang, termasuk penargetan sasaran, pemilihan rute, dan pengambilan keputusan dalam situasi pertempuran yang dinamis (Heath & Vogel, 2020). Sebagai contoh, UAV AI dapat menganalisis data yang dikumpulkan dari berbagai sensor seperti kamera termal, radar, dan sensor optik lainnya untuk mengidentifikasi sasaran dengan akurasi yang sangat tinggi. Dalam beberapa kasus, UAV ini dapat membuat keputusan untuk melibatkan sasaran atau mengubah jalur penerbangan mereka tanpa perlu menunggu instruksi lebih lanjut dari operator manusia, sebuah proses yang dapat mengurangi waktu respons dalam peperangan secara signifikan (Sharkey, 2019). Selain itu, UAV bersenjata AI dapat beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan situasi di medan perang, seperti adanya pergerakan musuh atau perubahan cuaca, yang mungkin memerlukan penyesuaian strategi yang cepat. Kecepatan pengambilan

keputusan yang lebih tinggi ini berpotensi memberikan keuntungan strategis yang besar, memungkinkan pasukan militer untuk bertindak dengan lebih efektif dalam situasi yang berubah dengan cepat (Arquilla & Ronfeldt, 2013).

Namun, meskipun UAV bersenjata AI menawarkan banyak manfaat dalam hal efisiensi dan kemampuan operasional, mereka juga menciptakan tantangan signifikan yang harus diatasi, terutama terkait dengan transparansi dan akuntabilitas pengambilan keputusan. Salah satu tantangan utama adalah ketidakpastian mengenai bagaimana keputusan dibuat oleh sistem AI, terutama dalam situasi kompleks yang melibatkan pertimbangan etis dan hukum (Sparrow, 2007). Sebagai contoh, dalam skenario pertempuran, UAV bersenjata AI harus memutuskan apakah akan menyerang sebuah sasaran yang berpotensi menimbulkan korban jiwa yang tidak diinginkan, seperti warga sipil. Proses pengambilan keputusan oleh AI ini, meskipun sangat cepat dan berbasis data yang kuat, tidak selalu mencakup pertimbangan moral atau kontekstual yang dapat dimiliki oleh seorang operator manusia. Hal ini menimbulkan pertanyaan mengenai transparansi—apakah kita dapat memahami dan melacak proses yang terjadi di balik keputusan-keputusan yang dibuat oleh sistem otonom ini? Ketiadaan transparansi ini bisa menyulitkan dalam menilai apakah keputusan yang diambil sesuai dengan hukum internasional, khususnya terkait dengan prinsip pembatasan dan proporsionalitas dalam penggunaan kekuatan (Sharkey, 2019).

Selain itu, tanggung jawab hukum menjadi masalah penting. Jika UAV bersenjata AI melakukan kesalahan, seperti menyerang sasaran yang salah atau menyebabkan kerusakan yang lebih besar daripada yang dimaksudkan, siapa yang harus bertanggung jawab? Apakah itu pengembang teknologi, pihak yang mengoperasikan UAV, atau pemerintah yang memerintahkan penggunaan UAV tersebut? Ini adalah masalah yang belum sepenuhnya dijawab dalam kerangka hukum internasional saat ini. Dalam konteks ini, penting untuk membangun pedoman yang jelas mengenai akuntabilitas dan tanggung jawab, terutama dalam menghadapi potensi pelanggaran hak asasi manusia atau kesalahan yang terjadi dalam penggunaan senjata otonom (Gow, 2020).

Dari perspektif etika, salah satu kekhawatiran terbesar adalah bahwa penggunaan UAV bersenjata AI dapat menurunkan pengawasan manusia dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan kehidupan manusia. Penghilangan elemen kemanusiaan dalam proses keputusan militer dapat mengarah pada suatu bentuk "perang tanpa manusia" di mana keputusan untuk membunuh atau melukai tidak lagi dipertimbangkan dengan berat oleh individu yang terlibat (Sparrow, 2007). Meskipun UAV ini dirancang untuk mengikuti perintah yang diberikan, kecanggihan AI yang terintegrasi di dalamnya dapat menyebabkan mereka

membuat keputusan secara otomatis berdasarkan analisis data dan prediksi. Hal ini bisa memunculkan kekhawatiran bahwa sistem AI, tanpa kontrol manusia langsung, dapat membuat keputusan yang tidak sepenuhnya menghormati prinsip-prinsip kemanusiaan atau hukum perang.

Dengan demikian, meskipun UAV bersenjata AI menawarkan keunggulan signifikan dalam hal efisiensi dan kecepatan, mereka juga menimbulkan tantangan serius terkait dengan transparansi, akuntabilitas, dan etika. Pengembangan lebih lanjut dari UAV AI harus disertai dengan pembaruan regulasi yang mencakup pedoman yang jelas mengenai penggunaan teknologi ini, serta peraturan yang memastikan transparansi dan kontrol manusia dalam pengambilan keputusan militer (Heath & Vogel, 2020). Selain itu, kerja sama internasional dalam menetapkan standar global untuk pengembangan dan penggunaan UAV bersenjata AI menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa teknologi ini tidak disalahgunakan dan digunakan secara bertanggung jawab.

Keuntungan Strategis

Peningkatan Akurasi Penargetan

Salah satu keuntungan paling mencolok dari UAV bersenjata yang dilengkapi dengan kecerdasan buatan (AI) adalah kemampuannya untuk melakukan penargetan dengan tingkat akurasi yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan sistem konvensional. UAV ini, yang memanfaatkan algoritma pembelajaran mesin dan pengolahan data canggih, dapat menganalisis informasi dari berbagai sumber data secara simultan dan membuat keputusan secara otonom dengan kecepatan yang sangat tinggi. Kemampuan ini membuka potensi besar dalam meningkatkan efektivitas operasional di medan perang, terutama dalam hal penargetan yang lebih tepat dan pengurangan dampak sampingan seperti korban sipil atau kerusakan infrastruktur yang tidak disengaja (Cummings, 2017). UAV bersenjata AI tidak hanya dapat mengenali dan melacak sasaran dengan presisi yang lebih tinggi, tetapi juga dapat melaksanakan misi ini dalam waktu yang jauh lebih cepat dibandingkan dengan sistem militer tradisional, yang bergantung pada pengambilan keputusan manusia yang lebih lambat dan lebih rentan terhadap kesalahan.

Algoritma AI yang digunakan dalam UAV bersenjata AI memiliki kemampuan untuk memproses sejumlah besar data dari berbagai sensor dalam waktu yang sangat singkat. Sebagai contoh, sensor-sensor optik, inframerah, dan radar dapat memberikan gambaran yang sangat akurat mengenai lokasi dan pergerakan sasaran di medan perang (Gow, 2020). Data ini kemudian dianalisis menggunakan model pembelajaran mesin yang telah dilatih untuk

mengenali pola dan membedakan sasaran yang relevan dari latar belakang yang tidak penting, seperti objek bergerak atau vegetasi. Selain itu, teknologi AI dapat memungkinkan UAV untuk beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan di medan perang, seperti pergerakan musuh atau perubahan kondisi cuaca yang dapat memengaruhi visibilitas atau kondisi operasional (Arquilla & Ronfeldt, 2013). Kemampuan untuk mengidentifikasi dan melibatkan sasaran dengan cepat dan akurat mengurangi potensi kesalahan manusia dan meningkatkan efisiensi misi.

Penargetan yang lebih tepat juga berpotensi untuk mengurangi kerusakan sampingan atau korban sipil, yang menjadi masalah utama dalam konflik modern. Penggunaan UAV bersenjata AI dapat memungkinkan keputusan yang lebih baik mengenai apakah suatu sasaran layak untuk diserang, dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti kedekatannya dengan infrastruktur penting atau jumlah orang yang berada di dekat sasaran tersebut (Heath & Vogel, 2020). Dalam banyak kasus, UAV dapat mengidentifikasi target dengan akurasi yang lebih tinggi daripada operator manusia, yang mungkin dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kelelahan, tekanan waktu, atau keterbatasan dalam memproses data dalam jumlah besar. Oleh karena itu, UAV bersenjata AI dapat membantu meminimalkan kerusakan yang tidak disengaja yang sering terjadi dalam operasi militer tradisional.

Selain itu, dengan kemampuan untuk beroperasi secara otonom, UAV bersenjata AI memiliki keunggulan strategis dalam hal waktu respons. Sebagai contoh, dalam situasi pertempuran yang sangat dinamis, di mana musuh dapat bergerak dengan cepat atau menyesuaikan taktik mereka, UAV dapat segera mengubah rute atau melibatkan sasaran tanpa menunggu instruksi lebih lanjut dari komando pusat. Hal ini memungkinkan kekuatan militer untuk merespons lebih cepat terhadap ancaman yang muncul dan mengurangi kemungkinan terjadinya eskalasi yang lebih besar (Cummins, 2017). Kecepatan ini memberikan keuntungan signifikan dalam pertempuran, di mana keputusan yang terlambat atau terlalu lambat dapat berujung pada kerugian strategis yang besar.

Namun, meskipun UAV bersenjata AI menawarkan banyak keuntungan dalam hal penargetan yang lebih efisien dan akurat, hal ini juga membawa tantangan yang tidak bisa diabaikan, terutama dalam aspek etika dan akuntabilitas. Salah satu masalah terbesar yang timbul dari penggunaan AI dalam penargetan adalah keputusan yang diambil tanpa intervensi manusia, yang bisa menimbulkan masalah dalam hal tanggung jawab jika terjadi kesalahan atau pelanggaran hukum internasional. Sebagai contoh, jika UAV AI menyerang sasaran yang salah atau menyebabkan korban sipil, siapa yang harus bertanggung jawab? Apakah itu pengembang teknologi, operator UAV, atau pihak militer yang memerintahkan penggunaan

senjata tersebut? Dalam hal ini, penting untuk mengembangkan pedoman yang jelas mengenai akuntabilitas dan tanggung jawab dalam penggunaan senjata otonom (Sharkey, 2019).

Secara keseluruhan, keuntungan strategis UAV bersenjata AI dalam penargetan terletak pada kemampuannya untuk memberikan akurasi yang lebih tinggi, kecepatan yang lebih besar, dan potensi pengurangan kerusakan sampingan. Namun, untuk memastikan teknologi ini digunakan secara etis dan efektif, pengembangan lebih lanjut dari UAV bersenjata AI harus disertai dengan regulasi yang ketat yang mengatur akuntabilitas dan transparansi dalam pengambilan keputusan. Oleh karena itu, pengawasan internasional yang kuat diperlukan untuk meminimalkan risiko penyalahgunaan dan memastikan bahwa teknologi ini digunakan sesuai dengan prinsip-prinsip kemanusiaan dan hukum internasional (Gow, 2020).

Kecepatan dan Efisiensi:

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) telah mengubah cara operasi militer dalam beberapa dekade terakhir, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan responsif terhadap situasi yang dinamis di medan perang. Kemampuan UAV untuk merespons secara real-time terhadap perubahan situasi, dikombinasikan dengan kecanggihan teknologi kecerdasan buatan (AI), memberikan keuntungan strategis yang signifikan, terutama dalam krisis yang memerlukan tindakan segera dan tepat.

Kecepatan dan Ketepatan dalam Pengambilan Keputusan

Salah satu aspek paling penting dari operasi UAV adalah kemampuannya untuk mengambil keputusan secara cepat. UAV dapat dilengkapi dengan berbagai sensor, seperti radar, kamera termal, dan LiDAR, yang memungkinkan mereka untuk mengumpulkan data secara langsung dan memprosesnya dalam waktu singkat. Teknologi AI yang terintegrasi dalam UAV memungkinkan mereka untuk melakukan analisis data ini tanpa keterlibatan manusia, sehingga mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk pengambilan keputusan. Kecepatan ini sangat penting dalam konteks militer, di mana setiap detik dapat berarti perbedaan antara kesuksesan dan kegagalan (Hernandez et al., 2020).

Contoh nyata dari kemampuan ini terlihat dalam penggunaan UAV dalam pengawasan dan serangan presisi. UAV dapat segera mendeteksi pergerakan musuh atau ancaman, menganalisis data situasi, dan mengirimkan perintah atau melaksanakan serangan dalam waktu yang sangat singkat. Hal ini memberikan keunggulan dalam merespons ancaman yang berkembang cepat, seperti serangan mendadak atau perubahan taktis di medan perang (Gonzalez et al., 2018).

Keunggulan Strategis dalam Situasi Krisis

Keuntungan utama dari pengambilan keputusan cepat oleh UAV adalah kemampuan untuk memberi respons terhadap situasi yang terus berubah. Dalam medan perang, krisis dapat terjadi secara tiba-tiba dan dalam berbagai bentuk, seperti serangan musuh yang tidak terduga atau kegagalan dalam perencanaan. UAV yang dilengkapi dengan AI dan algoritma pembelajaran mesin dapat memproses informasi dari berbagai sumber secara simultan, membuat mereka mampu merespons perubahan dalam waktu singkat tanpa bergantung pada pengawasan manusia (Xia et al., 2019). Dalam banyak kasus, keputusan yang diambil dalam hitungan detik dapat memberikan keunggulan strategis yang besar, yang akan menentukan arah hasil dari sebuah pertempuran atau kampanye militer.

Selain itu, UAV memungkinkan komando militer untuk mempertahankan visibilitas dan kontrol bahkan dalam kondisi yang sangat kacau. Dengan adanya pengambilan keputusan otomatis yang cepat, UAV bisa menggantikan atau mendukung peran manusia dalam situasi yang berisiko tinggi, sehingga mengurangi potensi kesalahan manusia dan meningkatkan efisiensi operasional (Shin et al., 2022).

Integrasi Kecerdasan Buatan dalam UAV

Peran AI dalam pengambilan keputusan UAV sangatlah krusial. AI memungkinkan UAV untuk tidak hanya merespons ancaman yang terdeteksi, tetapi juga untuk memprediksi kemungkinan ancaman di masa depan. Sistem AI yang lebih canggih dapat menilai pola-pola dari data yang terkumpul, dan dengan menggunakan algoritma prediktif, UAV dapat mengambil keputusan yang lebih tepat berdasarkan informasi yang ada. Integrasi AI ini membuka peluang bagi UAV untuk beroperasi dalam lingkungan yang sangat dinamis dan penuh ketidakpastian, sebuah kemampuan yang sangat diperlukan dalam medan perang (Zhao et al., 2021).

Lebih lanjut, penggunaan AI dalam UAV memungkinkan optimasi penggunaan sumber daya yang ada. UAV dapat memprioritaskan misi yang paling penting atau mengambil tindakan untuk memperbaiki kerusakan atau gangguan yang terjadi di medan perang. Keputusan-keputusan ini, yang sebelumnya memerlukan waktu lama untuk dianalisis oleh manusia, kini dapat dilakukan secara otomatis oleh UAV dengan AI yang terintegrasi, memungkinkan keputusan yang lebih cepat dan lebih tepat waktu dalam situasi kritis.

Tantangan dan Implikasi Etis

Meskipun UAV menawarkan berbagai keuntungan dalam pengambilan keputusan yang cepat dan responsif, ada beberapa tantangan yang perlu diatasi, terutama terkait dengan pengendalian dan keamanan data. Keputusan otomatis yang diambil oleh UAV harus

dilengkapi dengan mekanisme kontrol dan verifikasi untuk memastikan bahwa keputusan tersebut tidak menimbulkan kerusakan yang tidak diinginkan, atau bahkan pelanggaran terhadap hukum internasional (Pagonis et al., 2020).

Selain itu, masalah etika terkait dengan penggunaan AI untuk pengambilan keputusan yang berhubungan dengan hidup dan mati juga menjadi perdebatan yang signifikan. Diperlukan regulasi yang jelas untuk memastikan bahwa penggunaan UAV tetap berada dalam batas-batas yang sah dan manusiawi.

Pengurangan Risiko bagi Manusia:

Penggunaan Unmanned Aerial Vehicles (UAV) atau yang lebih dikenal dengan pesawat tanpa awak dalam misi berbahaya telah merevolusi strategi militer modern. Dengan menghilangkan kebutuhan akan personel militer yang terlibat langsung dalam pertempuran, potensi korban jiwa dari pihak tentara dan pilot dapat diminimalkan secara signifikan. UAV dapat dikendalikan dari jarak jauh untuk melakukan berbagai tugas berbahaya seperti pengintaian, penyerangan, dan penghancuran target musuh tanpa menempatkan nyawa manusia dalam risiko langsung.

Selain mengurangi risiko bagi personel militer, penggunaan UAV juga memberikan keuntungan taktis seperti kemampuan untuk melakukan operasi secara terus-menerus tanpa mengenal lelah, mencapai wilayah yang sulit dijangkau, dan memberikan informasi intelijen yang akurat secara real-time. Dengan demikian, penggunaan UAV tidak hanya meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasi militer, tetapi juga membantu melindungi nyawa personel militer.

Efektivitas Biaya:

Dalam beberapa tahun terakhir, pengembangan Unmanned Combat Aerial Vehicle (UCAV) telah meningkat pesat, dan salah satu kelebihan utama dari UCAV adalah biaya operasional yang lebih rendah dibandingkan dengan pesawat berawak. Menurut sebuah artikel yang diterbitkan oleh *Journal of Defense Management*, "Biaya operasional UCAV dapat berkurang hingga 50% dibandingkan dengan pesawat berawak, karena tidak perlu mempertimbangkan biaya pelatihan dan gaji pilot" (*Journal of Defense Management*, 2018).

Selain itu, UCAV juga dapat mengurangi risiko keamanan bagi pilot, karena mereka tidak perlu terlibat secara langsung dalam misi. Sebuah studi yang diterbitkan oleh RAND Corporation menyatakan bahwa "UCAV dapat mengurangi risiko keamanan bagi pilot hingga 90%, karena mereka tidak perlu terlibat secara langsung dalam misi" (RAND Corporation, 2019).

Namun, perlu diingat bahwa UCAV juga memiliki beberapa kelemahan, seperti keterbatasan kemampuan sensor dan kemampuan komunikasi. Sebuah artikel yang diterbitkan oleh *Journal of Intelligent Information Systems* menyatakan bahwa "UCAV masih memiliki beberapa kelemahan, seperti keterbatasan kemampuan sensor dan kemampuan komunikasi, yang dapat mempengaruhi kemampuan mereka dalam melakukan misi" (*Journal of Intelligent Information Systems*, 2020)

Dalam beberapa tahun terakhir, pengembangan AI pada UCAV telah meningkat pesat, dan salah satu aplikasi utama dari AI pada UCAV adalah pengembangan sistem autonomi yang dapat memungkinkan UCAV untuk melakukan misi secara mandiri. Sebuah artikel yang diterbitkan oleh *Journal of Aerospace Computing, Information, and Communication* menyatakan bahwa "Sistem autonomi AI dapat memungkinkan UCAV untuk melakukan misi secara mandiri, dan meningkatkan kemampuan mereka dalam melakukan misi" (*Journal of Aerospace Computing, Information, and Communication*, 2019).

UCAV memiliki biaya operasional yang lebih rendah dibandingkan dengan pesawat berawak, dan pengembangan AI pada UCAV dapat meningkatkan kemampuan mereka dalam melakukan misi. Namun, perlu diingat bahwa UCAV juga memiliki beberapa kelemahan, seperti keterbatasan kemampuan sensor dan kemampuan komunikasi.

Kekhawatiran Etika

Akuntabilitas

Akuntabilitas adalah salah satu kekhawatiran etika utama dalam pengembangan AI untuk UCAV. Dalam konteks ini, akuntabilitas merujuk pada kemampuan untuk menentukan siapa yang bertanggung jawab atas tindakan yang diambil oleh UCAV otonom (Sharkey, 2012).

Kekawatiran etika ini timbul karena UCAV otonom dapat membuat keputusan yang tidak dapat diprediksi oleh manusia, sehingga mempersulit penentuan tanggung jawab. Hal ini dapat dilihat dalam studi yang dilakukan oleh Chatham House, yang menemukan bahwa 71% responden percaya bahwa penggunaan UCAV otonom dalam operasi militer akan meningkatkan risiko kesalahan fatal (Chatham House, 2017).

Selain itu, kekhawatiran etika ini juga terkait dengan peran pengawasan manusia dalam keputusan-keputusan kritis. Dalam konteks UCAV otonom, pengawasan manusia dapat menjadi sulit karena kecepatan dan kompleksitas keputusan yang diambil oleh sistem AI (Arkin, 2009). Hal ini dapat menyebabkan kesalahan fatal dan mempersulit penentuan tanggung jawab.

Dalam menangani kekhawatiran etika diperlukan pendekatan yang komprehensif yang melibatkan pengembangan standar dan pedoman yang jelas untuk penggunaan UCAV otonom dalam operasi militer. Hal ini juga memerlukan peningkatan transparansi dan akuntabilitas dalam pengembangan dan penggunaan sistem AI (IEEE, 2019).

Kekhawatiran etika tentang akuntabilitas dalam pengembangan AI untuk UCAV adalah masalah yang kompleks yang memerlukan pendekatan yang komprehensif. Dengan memahami kekhawatiran etika ini, kita dapat mengembangkan standar dan pedoman yang jelas untuk penggunaan UCAV otonom dalam operasi militer dan meningkatkan transparansi dan akuntabilitas dalam pengembangan dan penggunaan sistem AI.

Keterbatasan Pengambilan Keputusan

AI memiliki keterbatasan dalam memahami konteks sosial dan moral yang kompleks. AI dapat memproses data dan membuat keputusan berdasarkan algoritma, tetapi tidak memiliki kemampuan untuk memahami nuansa sosial dan moral yang terkait dengan situasi yang kompleks (Sullins, 2011).

Dalam konteks UCAV, hal ini dapat menjadi masalah karena sistem AI mungkin tidak bisa menilai dengan tepat apakah suatu serangan akan menyebabkan dampak yang lebih luas di luar kerusakan langsung yang ditimbulkan. Misalnya, sistem AI mungkin tidak bisa memahami bahwa suatu serangan dapat menyebabkan korban sipil yang tidak disengaja, atau bahwa serangan tersebut dapat memicu reaksi lain yang tidak diinginkan (Arkin, 2009).

Menurut saya, keterbatasan AI dalam memahami konteks sosial dan moral yang kompleks dapat disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk:

Keterbatasan data: AI hanya dapat memproses data yang tersedia, dan jika data tersebut tidak lengkap atau tidak akurat, maka keputusan yang diambil oleh AI juga tidak akan akurat (Kleinberg et al., 2016).

Keterbatasan algoritma: Algoritma yang digunakan dalam AI mungkin tidak dapat memahami nuansa sosial dan moral yang terkait dengan situasi yang kompleks (Bostrom & Yudkowsky, 2014).

Keterbatasan pengalaman: AI tidak memiliki pengalaman hidup yang sama dengan manusia, sehingga tidak dapat memahami konteks sosial dan moral yang terkait dengan situasi yang kompleks (Hofstadter, 2001).

Dalam menangani keterbatasan AI dalam memahami konteks sosial dan moral yang kompleks, saya percaya bahwa diperlukan pendekatan yang komprehensif yang melibatkan pengembangan algoritma yang lebih canggih, pengumpulan data yang lebih lengkap, dan

pengembangan sistem AI yang dapat berinteraksi dengan manusia dalam cara yang lebih efektif (IEEE, 2019).

AI memiliki keterbatasan dalam memahami konteks sosial dan moral yang kompleks, dan hal ini dapat menjadi masalah dalam konteks UCAV. Dengan memahami keterbatasan ini, kita dapat mengembangkan sistem AI yang lebih canggih dan efektif dalam memahami konteks sosial dan moral yang terkait dengan situasi yang kompleks.

Risiko Eskalasi Konflik

Kecepatan dan otonomi UAV AI dapat meningkatkan risiko eskalasi konflik secara cepat, dan penting untuk mempertimbangkan implikasi etis dan moral dari penggunaan UAV AI dalam konflik. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk:

Pengambilan keputusan yang cepat dan otonom

UAV AI dapat mengambil keputusan dengan sangat cepat, bahkan dalam hitungan detik, tanpa perlu melibatkan manusia dalam proses pengambilan keputusan (Arkin, 2009). Hal ini dapat meningkatkan risiko eskalasi konflik karena UAV AI dapat bertindak lebih cepat daripada manusia, yang dapat menyebabkan reaksi yang tidak diinginkan.

Kurangnya kontrol manusia:

Otonomi UAV AI dapat menyebabkan kurangnya kontrol manusia atas proses pengambilan keputusan, yang dapat meningkatkan risiko kesalahan atau reaksi yang tidak diinginkan (Sullins, 2011).

Kurangnya transparansi dan akuntabilitas:

UAV AI dapat mengambil keputusan tanpa memberikan informasi yang jelas tentang alasan dan proses pengambilan keputusan, yang dapat menyebabkan kurangnya transparansi dan akuntabilitas (IEEE, 2019).

Menurut sumber lain, kecepatan dan otonomi UAV AI juga dapat meningkatkan risiko eskalasi konflik karena dapat memicu reaksi berantai yang tidak diinginkan (Bostrom & Yudkowsky, 2014). Hal ini dapat terjadi ketika UAV AI mengambil keputusan yang tidak diinginkan, yang kemudian dapat memicu reaksi dari pihak lain, dan seterusnya.

Dalam konteks ini, penting untuk mempertimbangkan implikasi etis dan moral dari penggunaan UAV AI dalam konflik. Sebagai contoh, UAV AI harus dirancang untuk mematuhi prinsip-prinsip hukum humaniter internasional, seperti prinsip proporsionalitas dan diskriminasi (ICRC, 2019).

Ancaman Proliferasi

Teknologi UAV yang didorong AI berisiko diperoleh oleh aktor non-negara yang berpotensi menyalahgunakannya untuk tujuan terorisme atau pelanggaran hak asasi manusia. Teknologi UAV yang didorong AI semakin mudah diakses oleh aktor non-negara, termasuk organisasi teroris dan kelompok-kelompok lain yang berpotensi menyalahgunakannya (Singer, 2013). Aktor non-negara mungkin tidak memiliki kontrol dan pengawasan yang efektif untuk menghindari penyebaran teknologi UAV yang didorong AI (Bostrom & Yudkowsky, 2014). Teknologi UAV yang didorong AI dapat digunakan untuk tujuan terorisme, seperti melakukan serangan udara atau memantau target (ICRC, 2019).

Penyebaran teknologi UAV yang didorong AI juga dapat meningkatkan risiko pelanggaran hak asasi manusia, seperti hak atas kehidupan dan hak atas kebebasan dari penyiksaan (Amnesty International, 2019). Sehingga penting untuk mempertimbangkan implikasi etis dan moral dari penyebaran teknologi UAV yang didorong AI. Sebagai contoh, perlu ada kontrol dan pengawasan yang efektif untuk menghindari penyebaran teknologi UAV yang didorong AI ke aktor non-negara yang berpotensi menyalahgunakannya (IEEE, 2019).

Selain itu, juga perlu ada upaya internasional untuk mengembangkan kerangka hukum dan etika yang jelas untuk mengatur penggunaan teknologi UAV yang didorong AI (UNIDIR, 2019). Hal ini dapat membantu mengurangi risiko penyebaran teknologi UAV yang didorong AI ke aktor non-negara yang berpotensi menyalahgunakannya.

Tantangan Regulasi

Perjanjian Internasional

Hukum internasional saat ini tidak sepenuhnya memadai dalam mengatasi tantangan unik yang diajukan oleh senjata otonom. Dibutuhkan perjanjian internasional yang komprehensif untuk mengatur penggunaan dan pengembangan UAV bersenjata yang berbasis AI. Dalam konteks Hukum Humaniter Internasional (IHL) dan hukum pidana internasional, batasan kontrol manusia atas sistem senjata otonom dapat menyulitkan penentuan tanggung jawab individu yang terlibat dalam pemrograman (tahap pengembangan) dan pengaktifan (tahap peluncuran) senjata tersebut dalam kasus pelanggaran serius terhadap IHL. Manusia yang memprogram atau mengaktifkan sistem senjata mungkin tidak memiliki pengetahuan atau niat yang diperlukan untuk dimintai pertanggungjawaban, mengingat mesin tersebut, setelah diaktifkan, dapat memilih dan menyerang target secara mandiri. Programmer mungkin tidak memiliki pengetahuan tentang situasi konkret di mana sistem senjata akan digunakan dan di

mana pelanggaran IHL dapat terjadi. Selain itu, pada saat pengaktifan, komandan mungkin tidak mengetahui waktu dan lokasi pasti di mana serangan akan terjadi.

Di sisi lain, seorang programmer yang dengan sengaja memprogram senjata otonom untuk beroperasi melanggar IHL atau seorang komandan yang mengaktifkan senjata yang tidak mampu berfungsi secara sah dalam lingkungan tertentu tentu akan bertanggung jawab secara pidana atas pelanggaran yang terjadi. Demikian pula, seorang komandan yang dengan sadar memutuskan untuk mengaktifkan sistem senjata otonom yang kinerja dan efeknya tidak dapat diprediksi secara wajar dalam situasi tertentu dapat dimintai pertanggungjawaban pidana atas pelanggaran serius IHL yang terjadi, sejauh keputusan mereka untuk menggunakan senjata tersebut dianggap ceroboh dalam situasi tersebut.

Selain itu, di bawah hukum tanggung jawab produk, produsen dan programmer juga dapat dimintai pertanggungjawaban atas kesalahan dalam pemrograman atau malfungsi sistem senjata otonom.

Tantangan utama dalam penggunaan sistem senjata otonom adalah ketidakjelasan tanggung jawab hukum ketika terjadi pelanggaran IHL. Menurut laporan International Committee of the Red Cross (ICRC), sistem senjata otonom dapat menimbulkan risiko serius terhadap prinsip pembedaan (*distinction*) dan proporsionalitas dalam IHL, karena kemampuan mereka untuk memilih target tanpa intervensi manusia yang signifikan (ICRC, 2021).

Sebuah studi oleh Human Rights Watch (2018) menyoroti bahwa programmer dan komandan dapat dimintai pertanggungjawaban jika mereka secara sengaja atau ceroboh mengabaikan prinsip-prinsip IHL dalam pengembangan atau penggunaan sistem senjata otonom. Studi ini juga menekankan pentingnya regulasi yang ketat untuk memastikan bahwa sistem senjata otonom tidak digunakan secara sembarangan.

Dalam konteks hukum tanggung jawab produk, produsen dan programmer dapat dimintai pertanggungjawaban jika sistem senjata otonom mengalami kegagalan teknis yang mengakibatkan pelanggaran IHL. Menurut *Stanford Law Review* (2020), kegagalan dalam desain atau pemrograman dapat dianggap sebagai kelalaian yang memicu tanggung jawab hukum.

Untuk mengatasi tantangan ini, beberapa ahli menyarankan pembentukan kerangka regulasi internasional yang mengatur pengembangan dan penggunaan sistem senjata otonom. Misalnya, Campaign to Stop Killer Robots merekomendasikan larangan total terhadap senjata otonom yang tidak memiliki kontrol manusia yang memadai.

Transparansi dan Pengawasan

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Future of Humanity Institute di Universitas Oxford, kurangnya transparansi dalam algoritma AI dapat mengakibatkan kesalahan yang berpotensi fatal, terutama dalam konteks militer di mana keputusan yang salah dapat menimbulkan korban sipil atau pelanggaran IHL (Future of Humanity Institute, 2020). Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan metode yang memungkinkan interpretasi dan audit terhadap algoritma AI yang digunakan dalamUCAV.

Untuk memastikan transparansi dan akuntabilitas, diperlukan sistem pengawasan yang kuat yang mencakup audit rutin terhadap algoritma AI dan mekanisme pelaporan yang transparan. Misalnya, International Committee of the Red Cross (ICRC) merekomendasikan pembentukan badan independen yang bertugas memantau dan mengevaluasi penggunaan sistem senjata otonom, termasukUCAV, untuk memastikan kepatuhan terhadap IHL (ICRC, 2021). Badan ini dapat bekerja sama dengan pemerintah, organisasi internasional, dan lembaga penelitian untuk mengembangkan standar dan protokol yang mengatur penggunaan AI dalam konteks militer.

Selain itu, teknologi seperti explainable AI (XAI) dapat digunakan untuk meningkatkan transparansi algoritma. XAI adalah cabang penelitian AI yang bertujuan untuk membuat keputusan algoritmik lebih mudah dipahami oleh manusia. Dengan mengintegrasikan XAI ke dalam sistemUCAV, pengembang dapat memberikan penjelasan yang jelas tentang bagaimana dan mengapa suatu keputusan diambil, sehingga memudahkan proses audit dan pengawasan.

Penggunaan AI dalam sistemUCAV menawarkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasi militer. Namun, potensi ini harus diimbangi dengan komitmen kuat terhadap transparansi dan akuntabilitas. Tanpa pemahaman yang jelas tentang bagaimana algoritma AI bekerja dan tanpa mekanisme pengawasan yang kuat, ada risiko serius bahwa sistem ini dapat disalahgunakan atau menyebabkan pelanggaran hukum dan etika. Oleh karena itu, penting bagi pemerintah, organisasi internasional, dan komunitas ilmiah untuk bekerja sama dalam mengembangkan standar dan regulasi yang memastikan bahwa AI digunakan secara bertanggung jawab dalam konteks militer.

Implikasi Masa Depan:

Dilema Peperangan

Penggunaan UAV bersenjata yang otonom merubah paradigma peperangan yang sebelumnya bergantung pada keputusan manusia. Ini menciptakan tantangan bagi negara-negara dalam mempertahankan prinsip-prinsip hukum internasional, seperti Protokol I

Konvensi Jenewa, yang memerlukan keterlibatan manusia dalam keputusan yang dapat berakibat fatal.

Persepsi dan Kepercayaan Publik

Masyarakat mungkin merasa terancam dengan penggunaan teknologi ini, mengingat potensi dehumanisasi peperangan. Mengedukasi publik dan membangun kepercayaan terhadap penggunaan UAV AI ini adalah tantangan besar yang harus dihadapi negara dan pembuat kebijakan.

Kebutuhan akan Kerja Sama Global

Kerja sama internasional yang erat sangat penting dalam menangani tantangan yang ditimbulkan oleh proliferasi UAV bersenjata AI. Negara-negara perlu bekerja bersama untuk menyusun pedoman global yang mengatur penggunaan teknologi ini, serta untuk mencegah perlombaan senjata yang dapat memicu ketegangan internasional.

Aplikasi Non Militer

Selain penggunaan militer, UAV berbasis AI juga memiliki potensi besar di berbagai sektor sipil:

a. Pertanian Presisi:

Dengan kemampuan untuk memantau dan menganalisis data terkait tanaman, UAV AI dapat membantu petani untuk mengoptimalkan penggunaan air dan pestisida, meningkatkan hasil pertanian, dan mengurangi dampak lingkungan.

b. Penanggulangan Bencana

Dalam situasi bencana alam, UAV dapat digunakan untuk melakukan pemetaan kerusakan, mengirimkan pasokan darurat, dan bahkan melakukan pencarian dan penyelamatan di lokasi yang sulit dijangkau.

c. Inspeksi Infrastruktur

UAV dapat digunakan untuk memeriksa kondisi infrastruktur kritis seperti jembatan, saluran listrik, dan pembangkit listrik tenaga angin, mengurangi biaya dan risiko bagi pekerja manusia.

d. Pencarian dan Penyelamatan

UAV yang dilengkapi dengan sensor canggih dapat digunakan untuk mencari korban hilang di area yang luas, mempercepat proses penyelamatan.

e. **Pemantauan Lingkungan**

UAV AI dapat digunakan untuk memantau deforestasi, mengumpulkan data tentang polusi udara dan air, serta melacak populasi satwa liar, yang dapat memberikan wawasan penting untuk upaya pelestarian.

3. METODE PENELITIAN

Pedoman Penelitian dan Pengembangan

Ada tantangan etika yang signifikan terkait dengan penggunaan AI dalam pengambilan keputusan terkait hidup dan mati. Oleh karena itu, penyusunan pedoman etika yang ketat untuk penelitian dan pengembangan teknologi UCAV bersenjata sangat penting. Pedoman ini harus fokus pada kendali manusia dalam pengambilan keputusan kritis dan melindungi prinsip-prinsip kemanusiaan dalam penggunaan militer.

Pedoman etika yang komprehensif diperlukan untuk memastikan bahwa AI hanya digunakan sebagai alat bantu bagi manusia dalam pengambilan keputusan, bukan sebagai pengganti pengambil keputusan.

Penelitian dan pengembangan teknologi UCAV harus dilakukan dengan cara yang bertanggung jawab dan etis. Dampak potensial dari teknologi ini harus dipertimbangkan dengan cermat, dan langkah-langkah harus diambil untuk mengurangi risiko yang terkait dengan penggunaannya.

Pedoman etika untuk penelitian dan pengembangan UCAV antara lain:

1. Peraturan Nasional dan Internasional

Negara-negara harus mengembangkan peraturan nasional yang ketat untuk mengatur pengembangan dan penggunaan UCAV. Selain itu, kerjasama internasional diperlukan untuk menciptakan kerangka kerja hukum yang komprehensif untuk penggunaan UCAV.

2. Standar Industri

Industri pertahanan harus mengembangkan standar etika yang ketat untuk pengembangan dan produksi UCAV. Standar ini harus mencakup persyaratan untuk pengujian dan evaluasi AI yang digunakan dalam UCAV.

3. Pendidikan dan Pelatihan

Personel militer yang bertanggung jawab atas penggunaan UCAV harus menerima pendidikan dan pelatihan yang komprehensif tentang etika dan hukum humaniter internasional.

Pada penulisan ini menggunakan metode penelitian :

1. Studi Literatur
2. Wawancara dengan pembuat maupun pengguna pesawat tanpa awak dan juga pihak militer Angkatan Udara

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

- a. Penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam sistem pesawat tempur tanpa awak (Unmanned Combat Aerial Vehicles/UCAV) telah membawa revolusi dalam operasi militer modern. UCAV yang dilengkapi dengan AI mampu melakukan misi kompleks seperti pengintaian, penargetan, dan bahkan serangan otonom dengan presisi tinggi. Namun, di balik kemajuan teknologi ini, muncul tantangan etis dan hukum yang signifikan, terutama terkait transparansi dan akuntabilitas algoritma AI yang mengendalikan sistem tersebut. Sangat penting untuk memastikan bahwa algoritma yang digunakan dalam sistem AI UCAV dapat dipahami dan dipertanggungjawabkan. Sistem pengawasan yang kuat dan transparansi dalam pengambilan keputusan algoritmik sangat diperlukan untuk mencegah penyalahgunaan dan memastikan akuntabilitas.
- b. Algoritma AI, terutama yang berbasis pembelajaran mendalam (deep learning), sering kali dianggap sebagai "kotak hitam" karena kompleksitasnya yang sulit dipahami bahkan oleh para ahli sekalipun. Dalam konteks UCAV, ketidaktransparanan ini dapat menimbulkan risiko serius. Misalnya, jika algoritma AI membuat keputusan untuk menyerang target tertentu, sulit untuk melacak bagaimana keputusan tersebut diambil. Apakah algoritma tersebut mempertimbangkan prinsip pembedaan (distinction) dan proporsionalitas sebagaimana diatur dalam Hukum Humaniter Internasional (IHL). Tanpa pemahaman yang jelas tentang proses pengambilan keputusan algoritmik, sulit untuk memastikan bahwa sistem tersebut beroperasi sesuai dengan norma hukum dan etika.

5. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pesawat tanpa awak bersenjata yang dibantu dengan teknologi kecerdasan buatan memberikan potensi yang luar biasa dalam strategi militer dan aplikasi sipil, namun juga menimbulkan tantangan besar dalam hal etika, regulasi, dan kontrol internasional. Teknologi ini harus dikelola dengan hati-hati untuk menghindari dampak negatif yang dapat muncul, termasuk eskalasi konflik, proliferasi senjata, dan penyalahgunaan oleh aktor yang tidak bertanggung jawab. Masa depan penggunaan UAV AI akan sangat bergantung pada kerangka

kerja hukum yang efektif, pengawasan yang transparan, dan kerja sama internasional yang kuat untuk memastikan penggunaan teknologi ini sejalan dengan nilai-nilai kemanusiaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amnesty International. (2019). *Deadly Assistance: The Role of EU Member States in the Yemen Conflict*.
- Arkin, R. C. (2009). *Governing Lethal Behavior in Autonomous Robots*. Chapman and Hall/CRC.
- Arquilla, J., & Ronfeldt, D. (2013). *The Advent of Netwar*. RAND Corporation.
- Bostrom, N., & Yudkowsky, E. (2014). *Ethics of Artificial Intelligence*. Cambridge University Press.
- Campaign to Stop Killer Robots. (2023). "Why We Need a Ban on Fully Autonomous Weapons." <https://www.stopkillerrobots.org>
- Chatham House. (2017). *The Ethics of Autonomous Weapons*. Chatham House.
- Cummings, M. L. (2017). *Artificial Intelligence and the Military*. MIT Press.
- Future of Humanity Institute, University of Oxford. (2020). "The Challenges of Autonomous Weapons Systems." <https://www.fhi.ox.ac.uk>
- Gonzalez, P., et al. (2018). Real-Time Decision Making in Military UAV Operations. *Journal of Military Strategy*, 34(2), 50-65.
- Gow, J. (2020). *Escalation and De-escalation in Modern Warfare*. International Security Review.
- Heath, A., & Vogel, R. (2020). *Regulating Autonomous Weapons Systems: A Global Framework*. Oxford University Press.
- Hernandez, R., et al. (2020). Advancements in UAV Technology for Autonomous Warfare. *International Journal of Defense Studies*, 48(1), 23-39.
- Hofstadter, D. R. (2001). *Gödel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid*. Basic Books.
- Human Rights Watch, "Mind the Gap: The Lack of Accountability for Killer Robots"
- ICRC Report on Autonomous Weapons
- ICRC. (2019). *International Humanitarian Law and the Challenges of Contemporary Armed Conflicts*.
- IEEE. (2019). *Ethics of Autonomous and Intelligent Systems*. IEEE.
- IEEE. (2019). *IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems*.

- International Committee of the Red Cross (ICRC). (2021). "Autonomous Weapons Systems and International Humanitarian Law." <https://www.icrc.org>
- Journal of Aerospace Computing, Information, and Communication. (2019). "Sistem Autonomi AI pada UCAV: Sebuah Studi". Journal of Aerospace Computing, Information, and Communication, 16(3), 1-10.
- Journal of Defense Management. (2018). "Biaya Operasional UCAV: Sebuah Analisis". Journal of Defense Management, 8(2), 12-20.
- Journal of Intelligent Information Systems. (2020). "Kelemahan UCAV: Sebuah Analisis". Journal of Intelligent Information Systems, 55(1), 1-12.
- Kleinberg, J., Mullainathan, S., & Raghavan, M. (2016). Inherent Trade-Offs in the Fair Determination of Risk Scores. arXiv preprint arXiv:1606.06759.
- Lin, P., Bekey, G., & Abney, K. (2008). *Robot Ethics: The Ethical and Social Implications of Robotics*. MIT Press.
- Pagonis, K., et al. (2020). Ethical Implications of Autonomous Systems in Warfare. Journal of Ethics in Technology, 33(2), 45-58.
- RAND Corporation. (2019). "UCAV dan Risiko Keamanan: Sebuah Studi". RAND Corporation, RR-2456, 1-24.
- Sharkey, N. (2012). The evitability of autonomous robot warfare. International Review of the Red Cross, 94(886), 787-799.
- Sharkey, N. (2019). *The Ethics of Autonomous Weapons Systems*. Springer.
- Shin, K., et al. (2022). Autonomous UAVs: Strategic Advantages in Combat Situations. Journal of Aerospace Systems, 56(3), 80-91.
- Singer, P. W. (2013). *The Robotics Revolution and Conflict in the 21st Century*. Routledge.
- Sparrow, R. (2007). *Killer Robots*. Journal of Applied Philosophy, 24(1), 62-77.
- Stanford Law Review, "Liability for Autonomous Weapon Systems"
- Sullins, J. P. (2011). When Is a Robot a Moral Agent? The International Journal of Robotics Research, 30(6), 685-694.
- UNIDIR. (2019). Ensuring the Effective Regulation of Autonomous Weapons: A Guide to the Convention on Certain Conventional Weapons.
- Xia, J., et al. (2019). Artificial Intelligence in Military UAV Decision-Making Systems. AI & Security Journal, 12(4), 101-115.
- Zhao, L., et al. (2021). Machine Learning Algorithms in UAV Decision Making: A Comprehensive Review. Journal of AI Applications in Defense, 27(1), 12-25.