



Strategi Kerja Sama Antara RSAF Dan TNI AU Dalam Digitalisasi Berbasis Kecerdasan Buatan Untuk Meningkatkan Efektivitas Operasional

(Cooperation Strategy Between RSAF And TNI AU In Artificial Intelligence-Based Digitalization To Improve Operational Effectiveness)

Ng Yeow Choon, Agus Adriyanto, Jimmy Veni Tokio T, Azhar Aditama D.

¹²³Universitas Pertahanan

email: sean.nyc65@gmail.com

Abstrak. Transformasi digital di bidang pertahanan mendorong kolaborasi lintas negara berbasis teknologi. Penelitian ini menganalisis strategi kerja sama antara Angkatan Udara Singapura (RSAF) dan TNI AU dalam mengadopsi digitalisasi berbasis kecerdasan buatan untuk meningkatkan efektivitas operasional. Fokus kolaborasi diarahkan pada pelatihan dan bidang administratif non-tempur untuk membangun interoperabilitas secara bertahap. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif melalui wawancara mendalam, didukung oleh perangkat lunak NVivo untuk proses pengkodean dan analisis tematik, serta analisis *SWOT* dan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk merumuskan prioritas strategi. Temuan utama mencakup tiga aspek: (1) penyelarasan strategis dan komitmen; (2) pelatihan bersama; dan (3) penelitian serta pengembangan dengan sektor swasta dan institusi pendidikan tinggi. Tantangan utama mencakup penyelarasan kebijakan pertahanan dan standar teknologi, menjamin interoperabilitas, mengatasi risiko keamanan siber, serta membangun mekanisme pertukaran data yang aman dan efektif. Solusi yang diusulkan meliputi program pelatihan bersama, harmonisasi standar operasional, penguatan protokol komunikasi yang aman, pengembangan infrastruktur digital bersama, adopsi protokol pertukaran data bersama, dan penerapan kerangka keamanan siber yang kokoh. Studi ini mengusulkan strategi tiga tahap, dimulai dari adaptasi informal, dilanjutkan dengan institusionalisasi bertahap, hingga akhirnya menuju bentuk kerja sama yang formal dan terstruktur.

Kata kunci: Digitalisasi, Kecerdasan Buatan, RSAF dan TNI AU, Kerja Sama Pertahanan, Efektivitas Operasional.

Abstract. Digital transformation in the defense sector demands cross-national collaboration driven by technology. This study analyzes the cooperation strategy between the Republic of Singapore Air Force (RSAF) and the Indonesian Air Force (TNI AU) in adopting artificial intelligence (AI)-based digitalization to enhance operational effectiveness. The collaboration focuses on training and non-combat administrative areas as a progressive path toward interoperability. This qualitative research is based on in-depth interviews, supported by NVivo

software for coding and thematic analysis, as well as SWOT analysis and the Analytical Hierarchy Process (AHP) to formulate strategic priorities. The main findings are categorized into three aspects: (1) strategic alignment and commitment; (2) joint training initiatives; and (3) research and development with private industry and institutes of higher learning. Key challenges include aligning defense policies and technology standards, ensuring interoperability, addressing cybersecurity risks, and establishing secure data exchange mechanisms. Proposed solutions include joint training programs, harmonization of operational standards, strengthening secure communication protocols, joint digital infrastructure development, adoption of shared data exchange protocols, and implementation of robust cybersecurity frameworks. The study proposes a three-phase strategy: starting with informal adaptation, followed by gradual institutionalization, and culminating in a formal and structured collaboration framework.

Keywords: Digitalization, Artificial Intelligence, RSAF and TNI AU, Defense Cooperation, Operational Effectiveness.

1. Pendahuluan

Era Society 5.0 telah memicu transformasi teknologi yang belum pernah terjadi sebelumnya. Peningkatan digitalisasi dan pemanfaatan Kecerdasan Buatan (AI) secara masif merevolusi industri, ekonomi, dan sistem keamanan global. Otomatisasi, analisis data, dan sistem cerdas berbasis AI kini digunakan lintas sektor untuk mempercepat pengambilan keputusan, meningkatkan efisiensi, dan memperkuat adaptabilitas. Pemerintah, bisnis, dan institusi memanfaatkan teknologi ini untuk menyederhanakan proses dan mengoptimalkan alokasi sumber daya secara *real-time*. Kemajuan pesat ini tidak hanya membentuk ulang lanskap ekonomi dan industri, tetapi juga mengubah cara masyarakat berinteraksi, berinovasi, dan merespons tantangan di dunia yang semakin terhubung (Calp & Bütüner, 2022).

Tidak terkecuali dalam bidang militer, AI semakin diintegrasikan ke dalam operasi pertahanan, mengubah cara angkatan bersenjata mengumpulkan intelijen, merencanakan misi, mengelola logistik, dan melaksanakan operasi tempur. Angkatan udara modern secara progresif mengadopsi digitalisasi berbasis AI untuk mempertahankan keunggulan operasional. Teknologi ini diterapkan dalam sistem komando dan kendali, pesawat terbang tanpa awak (UAV) otonom, pemeliharaan prediktif, serta peningkatan kesadaran situasional secara *real-time*. Sistem berbasis AI tidak hanya memperkuat pengambilan keputusan manusia, tetapi juga membentuk kembali pola operasi tempur dan dukungan udara. Seiring kemajuan teknologi ini,

kemampuan negara-negara untuk bekerja sama dalam digitalisasi berbasis AI menjadi semakin penting guna menjamin interoperabilitas, pertukaran data yang aman, dan integrasi kemampuan operasional lintas negara (Erskine & Miller, 2024).

RSAF dan TNI AU secara konsisten telah menjalin kerja sama untuk meningkatkan keamanan regional dan memperkuat interoperabilitas. Kolaborasi ini tidak hanya terbatas pada dialog strategis, tetapi juga mencakup pertukaran profesional, misi pengawasan bersama, dan manajemen ruang udara yang terkoordinasi. Latihan bilateral dan program latihan bersama, seperti *Exercise Elang Indopura*, memainkan peran penting dalam memperkuat koordinasi taktis serta membangun saling pengertian antara kedua angkatan udara. Berbagai kegiatan ini memberikan peluang berharga untuk pelatihan lintas angkatan, termasuk dalam pertempuran udara, operasi pengawasan, dan peningkatan interoperabilitas operasional. Dalam beberapa tahun terakhir, diskusi mengenai perluasan kerja sama di bidang teknologi semakin mengemuka, dengan sistem berbasis AI menjadi salah satu fokus utama. Mengingat meningkatnya ketergantungan pada AI dalam konteks peperangan modern, dibutuhkan kerangka kerja yang terstruktur untuk mendukung kerja sama dalam digitalisasi berbasis AI. Hal ini penting untuk memastikan bahwa kedua angkatan udara dapat mengintegrasikan teknologi baru secara efektif ke dalam operasi mereka, sekaligus menjaga keselarasan strategis dan kesiapan bersama dalam menghadapi tantangan masa depan.

Meskipun momentum kerja sama pertahanan bilateral antara RSAF dan TNI AU semakin meningkat, masih terdapat kekurangan kerangka kerja yang komprehensif untuk memanfaatkan AI dalam upaya transformasi digital. Kolaborasi yang ada belum membahas potensi strategis dan operasional teknologi AI dalam meningkatkan kemampuan bersama. Selain itu, literatur yang ada masih terbatas dalam eksplorasinya tentang bagaimana AI dapat secara nyata meningkatkan interoperabilitas dan efektivitas misi dalam kemitraan militer bilateral Asia Tenggara. Ketidakselarasan kelembagaan dan tidak adanya doktrin atau standar bersama semakin memperumit kerja sama, menciptakan hambatan dalam berbagi data dan keamanan siber. Studi saat ini juga kurang dalam memeriksa dampak dunia nyata dari teknologi ini pada kesiapan pertahanan, integrasi komando dan kontrol, dan penyelarasan strategis. Kesenjangan ini menggarisbawahi perlunya analisis mendalam yang menjembatani dimensi teknis dan kebijakan kerja sama pertahanan berbasis AI.

Penelitian ini memperkenalkan pendekatan baru dan multidimensi yang menggabungkan analisis kebijakan pertahanan strategis dengan ranah teknis digitalisasi berbasis AI. Selain itu, penelitian ini mengusulkan kerangka kerja sama yang berfokus

pada AI yang strategis dan relevan secara operasional untuk Asia Tenggara. Secara metodologis, penelitian ini juga membedakan dirinya melalui integrasi analisis SWOT dengan *Analytic Hierarchy Process* (AHP), yang menawarkan penentuan prioritas prakarsa strategis yang terstruktur. Penggunaan triangulasi data kualitatif yang didukung oleh perangkat lunak *NVivo* semakin memperdalam ketelitian analisis penelitian ini. Perpaduan antara inovasi teknis dan strategi kebijakan yang disesuaikan dengan konteks RSAF-TNI AU ini menandai kontribusi substansial terhadap wacana akademis dan militer profesional yang ada.

2. Tinjauan Pustaka

a. Teori Hubungan Internasional dalam Kerja Sama

Penelitian ini berfokus pada strategi kerja sama antara RSAF dan TNI AU dalam domain digitalisasi berbasis AI. Untuk memahami kolaborasi ini dalam konteks geopolitik dan kelembagaan yang lebih luas, beberapa teori hubungan internasional menjadi sangat relevan.

Neorealisme, atau realisme struktural (Waltz, 1979), menyoroti bahwa negara-negara beroperasi dalam sistem internasional yang anarkis di mana mereka memprioritaskan kelangsungan hidup dan keunggulan strategis. Dari perspektif ini, kerja sama bilateral seperti integrasi AI RSAF-TNI AU dapat dilihat sebagai respons pragmatis terhadap pergeseran dinamika kekuatan, ancaman regional yang muncul, dan kebutuhan untuk memodernisasi kemampuan pertahanan udara. Secara paralel, teori *Complex Interdependence* oleh Keohane dan Nye (1977) memberikan lensa yang lebih kooperatif. Teori ini menekankan bahwa perilaku negara juga dipengaruhi oleh hubungan transnasional, kerangka kerja institusional, dan keuntungan bersama di luar kekuatan militer. Di bawah model ini, kolaborasi RSAF-TNI AU dalam modernisasi pertahanan yang digerakkan oleh AI mencerminkan hubungan yang saling menguntungkan yang difasilitasi oleh pelatihan bersama, integrasi digital, dan tujuan stabilitas regional.

Teori *Strategic Alliance* (Booth & Wheeler, 2008) membantu membingkai bagaimana perjanjian formal – mulai dari koordinasi informal hingga *Memorandum of Understanding* (MoU) dan pada akhirnya Perjanjian Kerja Sama Pertahanan (*Defense Cooperation Agreement* atau DCA) – dapat memberikan struktur kelembagaan yang diperlukan untuk mengelola masalah tersebut, mendukung interoperabilitas, dan memastikan kesinambungan dalam prakarsa bersama. Perjanjian-perjanjian ini tidak hanya mengkodifikasikan niat tetapi juga

menciptakan mekanisme untuk keterlibatan berkelanjutan, penyelarasan operasional, dan perencanaan jangka panjang.

Bersama-sama, teori-teori ini menawarkan lensa komprehensif untuk menganalisis bagaimana dan mengapa Singapura dan Indonesia memperkuat hubungan pertahanan bilateral mereka melalui digitalisasi berbasis AI, dan bagaimana kerja sama semacam itu dapat diperdalam melalui strategi bertahap yang didasarkan pada kebutuhan strategis dan kepercayaan institusional.

b. Teori Manajemen Teknologi dan Inovasi

Keberhasilan implementasi digitalisasi berbasis AI dalam operasi militer gabungan membutuhkan dasar yang kuat dalam teori inovasi dan manajemen teknologi.

Teori Difusi Inovasi oleh Everett Rogers (1962) berguna dalam menganalisis kecepatan adopsi AI yang bervariasi di seluruh unit RSAF dan TNI AU. Dalam konteks penelitian ini, pengadopsi awal dapat memimpin dalam mengimplementasikan simulator pelatihan pilot berbasis AI dan alat perencanaan misi, sementara yang lain mengikuti melalui pemaparan terstruktur dan berbagi pengalaman. Kerangka kerja ini mendukung pengembangan program pelatihan bersama yang memenuhi tingkat kesiapan teknologi kedua angkatan.

Teori Revolusi dalam Urusan Militer (*Revolution in Military Affairs* atau RMA) (*US Department of Defense*, 1991) menjelaskan bagaimana teknologi transformatif seperti AI dapat mengubah doktrin militer, konsep operasional, dan sifat perang itu sendiri secara fundamental. Diagram tangga menggambarkan evolusi historis revolusi militer, dimulai dengan era pasukan darat konvensional yang dilambangkan dengan tank.

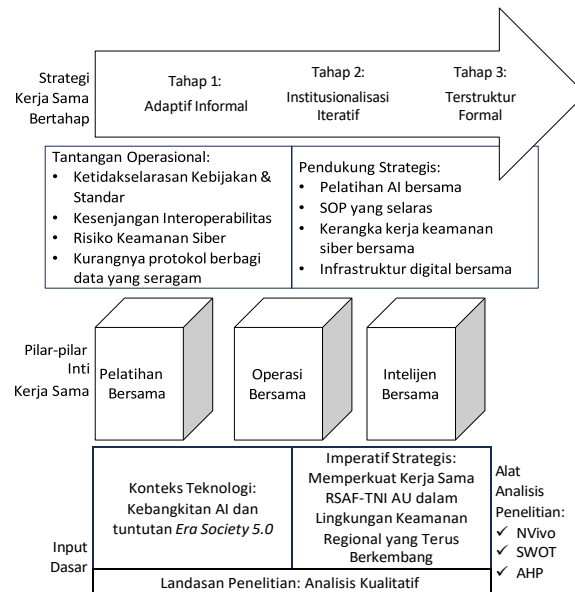


Gambar 1. Gelombang-gelombang RMA

Sumber: Diolah penulis (2025)

Pada tahap awal ini, strategi militer sebagian besar difokuskan pada tenaga kerja, daya tembak, dan kontrol teritorial. Seiring dengan berkembangnya peperangan, pengenalan kekuatan udara mengubah dinamika medan perang, membawa serta doktrin superioritas udara, penyebaran cepat, dan pengeboman strategis. Kemunculan senjata nuklir selanjutnya memperkenalkan pergeseran paradigma yang didasarkan pada pencegahan dan penghancuran yang saling menjamin, mengubah doktrin militer dari kemenangan melalui pertempuran menjadi pencegahan perang melalui ancaman kekuatan yang luar biasa. Lebih jauh lagi, kemunculan sistem C4ISR (*Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance*) menandai digitalisasi medan perang. Tahap ini mengintegrasikan data dari sensor, platform, dan personel ke dalam jaringan operasional yang kohesif. Langkah terbaru dalam kontinum ini – integrasi AI dan sistem otonom – mencerminkan arah transformasi militer saat ini dan di masa depan. Teknologi AI sekarang memungkinkan pemeliharaan aset secara prediktif, perencanaan misi otomatis, dan simulasi pelatihan dengan bantuan AI. Kemampuan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dan kesiapan, tetapi juga mempercepat siklus pengambilan keputusan, meningkatkan kesadaran situasional, dan mendukung perencanaan misi dengan analisis dan rekomendasi data secara *real-time*.

Dalam konteks kerja sama RSAF-TNI AU, tahap RMA ini menggarisbawahi perlunya strategi modernisasi bersama yang melampaui peningkatan peralatan. Integrasi AI dalam kolaborasi militer membutuhkan adaptasi doktrinal, interoperabilitas teknis, kerangka kerja berbagi data yang aman, dan penyelarasan kebijakan. Sistem gabungan yang digerakkan oleh AI – seperti pembelajaran mesin untuk pelatihan pilot atau perencanaan misi yang didukung oleh AI – menunjukkan bagaimana pasukan ini bertransisi ke fase RMA yang berpusat pada AI. Dengan demikian, memahami evolusi ini sangat penting untuk membingkai kerja sama tidak hanya sebagai serangkaian peningkatan taktis, tetapi juga sebagai pembentukan kembali secara mendasar tentang bagaimana kedua angkatan udara berlatih, beroperasi, dan membuat keputusan di era digital.



Gambar 2. Kerangka Kerja Konseptual

Sumer: Diolah penulis (2025)

Studi ini mengusulkan kerangka kerja konseptual untuk kerja sama pertahanan berbasis AI antara RSAF dan TNI AU, yang didasarkan pada tiga masukan dasar: (1) kebangkitan AI dan tuntutan *Era Society 5.0*; (2) keharusan strategis untuk meningkatkan keamanan regional melalui kerja sama bilateral; dan (3) pendekatan penelitian kualitatif. Dibangun di atas fondasi ini adalah tiga pilar inti kerja sama – Pelatihan Bersama, Operasi Bersama, dan Intelijen Bersama – di mana teknologi AI seperti pembelajaran mesin, integrasi data *real-time*, dan fusi intelijen dimanfaatkan untuk meningkatkan efektivitas operasional. Kerangka kerja ini mengidentifikasi tantangan operasional utama, termasuk ketidaksielarasan kebijakan, kesenjangan interoperabilitas, risiko keamanan siber, dan protokol berbagi data yang terfragmentasi. Untuk mengatasi hal ini, kerangka kerja ini mengusulkan faktor pendukung strategis seperti program pelatihan bersama, standar yang diselaraskan, kerangka kerja komunikasi yang aman, dan infrastruktur digital bersama. Elemen-elemen ini menyatu menjadi strategi kerja sama bertahap tiga tahap: Tahap 1 – Adaptif Informal, berfokus pada kolaborasi eksploratif dan pembangunan kepercayaan; Tahap 2 – Iteratif Dilembagakan, melibatkan inisiatif terstruktur dan pengembangan bersama; dan Tahap 3 – Terstruktur Formal, dicirikan oleh perjanjian formal, interoperabilitas penuh, dan operasi yang terintegrasi dengan AI. Model bertahap ini menawarkan jalur yang jelas dan terukur untuk memperkuat kerja sama RSAF-TNI AU di era digital.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kualitatif, yang bertujuan untuk mengidentifikasi peluang, tantangan, dan solusi strategis terkait kerja sama militer bilateral dalam digitalisasi berbasis AI. Penelitian ini mengintegrasikan unsur-unsur studi kasus dan penyelidikan fenomenologis, dengan memanfaatkan wawasan para ahli untuk memahami realitas operasional dan dinamika kebijakan antara RSAF dan TNI AU. Data dikumpulkan melalui sumber primer dan sekunder. Data primer meliputi wawancara semi-terstruktur dengan para ahli, perencana pertahanan, dan pejabat kebijakan dari RSAF dan TNI AU. Materi audio dan visual juga digunakan untuk mendukung validasi. Sumber data sekunder mencakup jurnal akademis, laporan penelitian, buku putih pertahanan, dan dokumen resmi dari lembaga nasional dan internasional.

Data kualitatif dianalisis menggunakan perangkat lunak *NVivo*. Proses analisis melibatkan kondensasi data, pengodean tematik, dan visualisasi melalui peta pikiran. Wawasan strategis dikembangkan dengan menggunakan analisis SWOT (*Strength, Weakness, Opportunity, Threat*), yang kemudian disempurnakan dengan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk memprioritaskan strategi kerja sama. Triangulasi diterapkan untuk memastikan konsistensi dan validitas di berbagai sumber data.

Langkah-langkah pelaksanaan penelitian dirangkum sebagai berikut: (1) Tahap Pendahuluan – mendefinisikan ruang lingkup penelitian, menetapkan tujuan, dan mengidentifikasi pemangku kepentingan yang relevan, serta melakukan tinjauan literatur awal; (2) Pengumpulan Data – melakukan wawancara semi-terstruktur dan mengumpulkan sumber data sekunder yang relevan; (3) Pemrosesan dan Analisis Data – membuat transkrip wawancara, membuat kode dan mengkategorikan temuan menggunakan *NVivo*, serta menganalisisnya dengan SWOT dan AHP; (4) Interpretasi dan Sintesis – menggali wawasan, mengidentifikasi faktor pendukung dan penghambat kerja sama, serta merumuskan rekomendasi solusi dan strategi ke depan; (5) Penyusunan Laporan – menyusun tesis akhir, memasukkan umpan balik dari penasihat akademis dan pakar pertahanan, dan menyelesaikan penyerahan akhir.

Name	References
☐ Opportunities	44
☐ Partnerships with Industry and IHL and Countries	16
☐ Training	13
☐ Weaknesses	13
☐ Education, Training and Increasing Quality of SDM	9
☐ Threats	9
☐ Strengths	8
☐ Unstandardised Protocol or Data	8
☐ Operations	7
☐ Gap between Singapore and Indonesia in Digital Tech	6
☐ National Security and Level of Secrecy	6
☐ Usefulness and Applicability of Digital Tech and AI	6
☐ Existing Strong Bilateral Ties with Defence Cooperation Frameworks	5
☐ Singapore's Advanced Digital Experience	5
☐ Administrative Areas	4
☐ Research and Development	4
☐ Cultural or Political Differences	3
☐ Cyber Threat and Cyber Security	2
☐ Differing Objectives	2
☐ Lack of Infrastructure	2
☐ Moral and Ethical Concerns	2
☐ Indonesia' Strengths in Digital Sphere	1

Tabel 1. Tema yang ditarik dari wawancara

Sumer: Diolah penulis (2025)

	Strengths	Weaknesses	Opportunities	Threats
1 : Administrative Areas	0	0	4	0
2 : Cultural or Political Differences	0	1	1	1
3 : Cyber Threat and Cyber Security	0	0	1	1
4 : Differing Objectives	0	0	1	1
5 : Education, Training and Increasing Quality of SDM	0	3	5	1
6 : Strong Existing Bilateral Cooperation Frameworks	1	0	4	0
7 : Gap between Singapore and Indonesia in Digital Tech	0	4	2	0
8 : Indonesia' Strengths in Digital Sphere	1	0	0	0
9 : Lack of Infrastructure	0	2	0	0
10 : Moral and Ethical Concerns	0	0	1	1
11 : National Security and Level of Secrecy	0	1	4	1
12 : Operations	1	0	6	0
13 : Partnerships with Industry and IHL and Countries	0	0	16	0
14 : Research and Development	0	0	4	0
15 : Singapore's Advanced Digital Experience	5	0	0	0
16 : Training	0	0	13	0
17 : Unstandardised Protocol or Data	0	3	2	3
18 : Usefulness and Applicability of Digital Tech and AI	1	0	5	0

*Highlighted yellow if mentioned 3 or more times

Tabel 2. Frekuensi penyebutan berdasarkan tema

Sumer: Diolah penulis (2025)

AHP Analytic Hierarchy Process (EVM multiple inputs)
K. D. Goepel Version 07.07.2022 | Free web based AHP software on: <https://bprmsg.com>
Only input data in the light green fields and worksheets!

n= 10 Number of criteria (2 to 10) Scale: 1 AHP 1-9
N= 1 Number of Participants (1 to 20) α: 0.1 Consensus: n/a
p= 0 selected Participant (0=consol.) 2 7 Consolidated

Objective STRATEGI KERJA SAMA ANTARA RSAF DAN TNI AU DALAM DIGITALISASI BERBASIS KECERDASAN BUATAN UNTUK MENINGKATKAN EFEKTIVITAS OPERASIONAL

Author Y C NG
Date 2-May-25 Thresh: 1E-08 Iterations: 6 EVM check: 1.3E-09

Table	Criterion	Comment	Weights	+/-
1	Partnerships	With industry and IHL and countries	23.8%	13.6%
2	Training		11.7%	6.1%
3	Operations		5.3%	3.1%
4	Education and SDM	Increasing quality of SDM	19.8%	5.1%
5	Standardised Proto	And/or data	4.8%	3.3%
6	SG's Digital Experie	And expertise/infrastructure	2.3%	1.7%
7	Administrative Area		3.3%	2.5%
8	National Security	And level of secrecy	16.7%	6.0%
9	R&D	for 9&10 unprotect the input sheets and expand the	3.8%	3.8%
#	Strong Bilat Framework	question section ("+" in row 66)	8.6%	3.3%

Result
Eigenvalue Lambda: 11.604 MRE: 62.2%
Consistency Ratio 0.37 GCI: 0.41 Psi: 12.2% CR: 12.0%

Matrix	Partnerships	Training	Operations	Education and SDM	Standardised Protocol	SG's Digital Experience	Administrative Areas	National Security	R&D	Strong Bilat Frameworks	normalized principal Eigenvector
Partnerships	1	5	3	1	7	3	7	3	5	3	23.78%
Training	1/5	1	3	1/3	5	5	3	1	7	1	11.70%
Operations	1/3	1/3	1	1/5	3	3	1	1/3	1/3	1	5.25%
Education and SDM	1	3	5	1	5	7	5	1	7	3	19.85%
Standardised Protocol	1/7	1/5	1/3	1/5	1	5	3	1/5	3	1/3	4.76%
SG's Digital Experience	1/3	1/5	1/3	1/7	1/5	1	1	1/7	1/3	1/5	2.31%
Administrative Areas	1/7	1/3	1	1/5	1/3	1	1	1/9	3	1/5	3.33%
National Security	1/3	1	3	1	5	7	9	1	7	3	16.70%
R&D	1/5	1/7	3	1/7	1/3	3	1/3	1/7	1	1/3	3.76%
Strong Bilat Frameworks	1/3	1	1	1/3	3	5	5	1/3	3	1	8.56%

Tabel 3. Hasil dari AHP

Sumer: Diolah penulis (2025)

4. Hasil dan Diskusi

a. Proses Identifikasi Pilar-Pilar Utama Kerjasama.

Identifikasi pilar utama kerja sama antara RSAF dan TNI AU dilakukan melalui pendekatan kualitatif yang menggabungkan wawancara mendalam dengan pemangku kepentingan militer dan sipil, serta analisis SWOT dan metode AHP. Proses ini menunjukkan bahwa kerja sama digitalisasi berbasis kecerdasan buatan paling efektif jika dimulai dari area non-tempur dengan risiko rendah, yang memungkinkan peningkatan interoperabilitas tanpa mengganggu sensitivitas pertahanan nasional. Tiga pilar utama yang dihasilkan dari analisis ini – penyelarasan strategis, pelatihan bersama, serta penelitian dan pengembangan – tidak hanya mencerminkan arah kebijakan kedua negara, tetapi juga membuka

ruang bagi keterlibatan sektor swasta dan akademik untuk memperkuat fondasi teknis dan budaya digital bersama.

b. Pilar Utama Kerja Sama – Penyelarasan Strategis, Pelatihan Bersama, dan Penelitian-Pengembangan

Pilar pertama, penyelarasan strategis dan komitmen, menekankan pentingnya harmonisasi kebijakan dan klasifikasi tingkat sensitivitas proyek sejak awal. Kerja sama AI perlu disesuaikan dengan batasan politik dan pertahanan masing-masing negara, termasuk penggunaan sistem tempur asing. Oleh karena itu, komunikasi terbuka, forum teknis reguler, dan kesepakatan operasional bersama diperlukan sebagai dasar institusional agar kerja sama dapat berlanjut secara bertahap dan konsisten.

Pilar kedua, pelatihan bersama, menjadi medan paling siap untuk implementasi kolaborasi digital. Program seperti Elang Indopura dapat ditingkatkan melalui integrasi AI dalam pembuatan skenario, sistem pembelajaran adaptif, dan simulasi misi non-tempur. Pelatihan ini juga dapat memperkuat pertukaran personel teknis dan membangun “bahasa digital bersama” antara kedua angkatan udara. Pendekatan ini dipandang aman secara diplomatik dan strategis dalam membangun kepercayaan awal.

Pilar ketiga, penelitian dan pengembangan yang melibatkan sektor swasta dan institusi pendidikan tinggi, mencerminkan potensi kolaborasi dalam pengembangan algoritma, prototipe AI, dan laboratorium inovasi bersama. Melalui keterlibatan mitra seperti *Google*, *TikTok*, dan universitas teknologi, RSAF dan TNI AU dapat memanfaatkan keunggulan sipil untuk mengakselerasi kapabilitas AI militer di luar lingkup sistem persenjataan langsung. Kolaborasi ini juga memberikan ruang netral untuk mengembangkan protokol data bersama, memperkuat infrastruktur digital, dan memperkenalkan etika AI lintas negara.

c. Tantangan dan Solusi

Meskipun ketiga domain ini menghadirkan peluang yang menarik, sejumlah tantangan strategis harus diatasi. Pertama, ketidakselarasan doktrin dan kebijakan masih menjadi hambatan mendasar. Singapura dan Indonesia memiliki doktrin pertahanan nasional, struktur kekuatan, dan budaya strategis yang berbeda. Tanpa harmonisasi, inisiatif AI berisiko menjadi terkotak-kotak atau tidak kompatibel. Untuk mengatasi hal ini, kelompok kerja AI bilateral khusus

dapat dibentuk di bawah kerangka kerja Perjanjian Kerja Sama Pertahanan (DCA) 2022, yang ditugaskan untuk mengembangkan peta jalan AI bersama, pedoman interoperabilitas, dan standar umum.

Kedua, kesenjangan interoperabilitas teknis dalam infrastruktur AI, arsitektur data, dan sistem komando dan kontrol menimbulkan keterbatasan operasional. Investasi bersama dalam solusi middleware, protokol standar, dan platform pelatihan berbasis cloud dapat mengurangi masalah ini. Jalan yang memungkinkan adalah pengembangan bersama lingkungan "kotak pasir" AI di mana kedua angkatan udara dapat menguji aplikasi baru dalam lingkungan digital yang netral dan terkendali.

Ketiga, ancaman keamanan siber merupakan kerentanan yang sangat penting dalam sistem bertenaga AI. Musuh dapat mengeksploitasi sistem ini melalui intrusi siber, keracunan data, atau manipulasi model AI. Untuk melindungi dari ancaman semacam itu, sangat penting untuk menerapkan kerangka kerja keamanan siber berlapis-lapis, termasuk *root-of-trust* perangkat keras, deteksi anomali perilaku, dan tim ulang yang berkelanjutan. Kerja sama pertahanan siber - seperti latihan siber bersama dan intelijen ancaman bersama - harus diperluas bersama dengan kolaborasi AI.

Selain itu, keterbatasan berbagi data tetap menjadi perhatian karena pembatasan peraturan dan kelembaman kelembagaan. Membangun hubungan komunikasi yang aman dan terjamin serta kerangka kerja klasifikasi data yang telah disepakati sebelumnya dapat memfasilitasi pertukaran informasi yang tepercaya. Mengambil inspirasi dari model Jaringan Misi Gabungan NATO, RSAF dan TNI AU dapat mengembangkan konsep serupa yang disesuaikan untuk Asia Tenggara.

d. 3 Tahap Strategi Kerja Sama – Adaptif Informal, Institusionalisasi Iteratif, Terstruktur Formal

Model tiga tahap diusulkan untuk memperdalam integrasi AI bilateral secara progresif dan terstruktur, dapat dikelola secara politis. Kerangka kerja ini mengakui bahwa kolaborasi teknologi yang bermakna – terutama dalam domain sensitif, seperti pertahanan – harus didukung oleh tingkat kepercayaan, interoperabilitas dan kesiapan kelembagaan yang terus meningkat. Tahapan-tahapan ini dirancang untuk mengurangi risiko dalam adopsi awal, membangun kepercayaan dan kompetensi bersama.

1) **Tahap 1: Adaptif Informal.** Tahap awal ini ditandai dengan fleksibilitas, eksperimen dan penemuan bersama. Tahap ini memungkinkan kedua angkatan udara untuk mengeksplorasi teknologi AI dalam lingkungan berisiko rendah dan tidak mengikat tanpa tekanan perjanjian formal atau kewajiban politik. Kegiatannya dapat mencakup proyek percontohan, pertukaran teknis, percepatan inovasi bersama, simposium dan pameran kemampuan AI.

Tahap ini juga memiliki fungsi penting dalam membangun kepercayaan. Kerja sama informal memungkinkan adanya pertukaran ide dan pembelajaran secara terbuka tanpa memerlukan transparansi penuh atau harmonisasi kebijakan seperti yang dituntut oleh perjanjian formal. Yang terpenting, tahap ini menciptakan *champion* internal dan momentum kelembagaan yang diperlukan untuk menjustifikasi kerja sama yang lebih erat pada tahap selanjutnya. Kepercayaan, yang telah dibangun dalam tim teknis akan menjadi dasar untuk memformalisasikan kerja sama selanjutnya.

2) **Tahap 2: Pelembagaan Iteratif.** Tahap kedua merupakan transisi kerja sama dari eksperimental menjadi terstruktur. Di sini, hubungan dilembagakan melalui perjanjian formal namun tidak mengikat, seperti Pernyataan Kesepahaman (*Statements of Intent*) atau MoU. Perjanjian-perjanjian ini mendefinisikan tujuan bersama, ranah kerja sama, dan kerangka kerja untuk kegiatan Bersama dengan tetap menjaga fleksibilitas.

Inti dari tahap ini adalah integrasi topik-topik AI ke dalam silabus pelatihan bersama dan pengembangan doktrin. Pusat pelatihan di kedua negara dapat dijadikan tempat untuk mengembangkan modul secara bersama-sama mengenai penggunaan AI yang etis, integrasi sistem otonom, dan pengambilan keputusan dengan bantuan AI. Hal ini dapat diimplementasikan dalam kursus komando, sekolah teknik, atau kurikulum simulator penerbangan, sehingga menumbuhkan dasar pengetahuan dan pola pikir operasional bersama.

Tahap ini juga membuka jalan bagi pembentukan komite pengarah AI bilateral, yang terdiri dari para ahli operasional, teknis, hukum, dan keamanan siber. Komite ini akan bertanggung jawab untuk mengembangkan: (1) Standar interoperabilitas bersama untuk sistem AI; (2) Protokol keamanan siber untuk lingkungan AI bersama; (3) Kriteria

evaluasi untuk uji coba AI bersama; dan (4) Pedoman etika untuk mengatur sistem pendukung keputusan berbasis pembelajaran mesin dalam konteks tempur atau intelijen.

Perkembangan penting lainnya dalam tahap ini adalah interoperabilitas infrastruktur digital secara bertahap, termasuk eksperimen dengan basis data bersama (di bawah kontrol akses yang sesuai), sistem pembelajaran federasi, dan API yang saling kompatibel.

Dasar pemikiran di sini adalah untuk menciptakan mekanisme yang dapat diulang dan terukur untuk kolaborasi. Dengan menyempurnakan praktik kerja sama secara berulang-ulang dan memvalidasinya melalui latihan operasional atau simulasi, kedua pasukan mengurangi ketidakpastian, menyelaraskan doktrin yang lebih dekat, dan mempersiapkan integrasi dengan taruhan yang lebih tinggi pada tahap berikutnya.

3) **Tahap 3: Terstruktur Formal.** Tahap terakhir ini menandakan kematangan penuh kerja sama pertahanan berbasis AI. Tahap ini melibatkan penandatanganan perjanjian hukum yang mengikat, seperti *Memorandum of Agreement* (MoA) atau Lampiran Kerja Sama Pertahanan yang secara khusus disesuaikan dengan kolaborasi AI. Pada tingkat ini, kedua angkatan udara akan mendirikan pusat operasional AI bersama atau pusat fusi digital, yang dikelola bersama dan dilengkapi untuk mendukung perencanaan operasional, fusi intelijen, dan dukungan misi otonom.

Tahap ini juga membutuhkan kerangka kerja tata kelola data yang tersinkronisasi, termasuk kebijakan bersama tentang klasifikasi data, hak penggunaan, privasi, dan penjelasan sistem AI. Selain itu, ini adalah tahap di mana arsitektur keamanan siber yang dapat dioperasikan menjadi sangat penting, karena sistem akan semakin bergantung pada jaringan berbasis cloud atau jaringan terintegrasi yang rentan terhadap ancaman siber.

Selain itu, fase ini memungkinkan kedua angkatan udara untuk berkontribusi secara bermakna pada kerangka kerja ASEAN yang lebih luas, seperti Pertemuan Menteri Pertahanan ASEAN (*ASEAN Defence Ministers' Meeting* atau ADMM) dan prakarsa multilateralnya dalam tata kelola AI, standarisasi pertahanan regional, dan keamanan

bersama. Dengan menjadi contoh kerja integrasi AI bilateral tingkat lanjut, RSAF dan TNI AU menetapkan preseden yang dapat ditiru oleh angkatan udara regional lainnya, yang memperkuat sentralitas ASEAN dalam arsitektur keamanan Indo-Pasifik yang sedang berkembang.

5. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana kerja sama pertahanan berbasis AI antara RSAF dan TNI AU dapat dikonseptualisasikan dan dioperasikan secara strategis untuk meningkatkan interoperabilitas bilateral. Penelitian ini membahas tiga pertanyaan inti: (1) Apa bidang utama di mana kolaborasi berbasis AI paling memungkinkan dan berdampak? (2) Tantangan apa yang harus diatasi agar kerja sama semacam itu berhasil? (3) Bagaimana model bertahap dapat mendukung pengembangan integrasi pertahanan AI bilateral yang berkelanjutan?

Berdasarkan analisis kualitatif, termasuk wawancara, tinjauan literatur, dan dokumen kebijakan, penelitian ini menyimpulkan bahwa tiga pilar yang paling menjanjikan untuk kerja sama berbasis AI adalah pelatihan bersama, operasi bersama, dan intelijen bersama. Domain-domain ini tidak hanya penting bagi kesiapan operasional kedua angkatan udara tetapi juga didasarkan pada struktur kolaboratif yang ada, menjadikannya platform yang layak untuk integrasi AI. Studi ini lebih lanjut mengidentifikasi tantangan signifikan – termasuk ketidakselarasan kebijakan, kesenjangan interoperabilitas teknis, risiko keamanan siber, dan kendala pembagian data – yang harus dimitigasi untuk memastikan kerja sama yang sukses.

Untuk mengatasi tantangan-tantangan ini dan memandu evolusi kerja sama jangka panjang, sebuah kerangka kerja bertahap tiga tahap diusulkan. Pada Tahap Pertama: Adaptif Informal, kedua belah pihak dapat mengeksplorasi inisiatif percontohan berisiko rendah dan lokakarya teknis untuk membangun kepercayaan dan pemahaman bersama. Pada Tahap Kedua: Iterative Institutionalized, kerja sama menjadi terstruktur melalui perjanjian formal seperti MoU, pelatihan AI bersama, dan penyelarasan doktrin. Pada Tahap Ketiga: Formal Terstruktur, kerangka kerja yang mengikat secara hukum, infrastruktur AI bersama, dan integrasi operasional *real-time* ditetapkan. Pendekatan bertahap ini memastikan bahwa kolaborasi berbasis AI berkembang dengan cara yang terukur, adaptif, dan koheren secara strategis.

Penelitian ini memberikan beberapa kontribusi utama. Secara teoretis, penelitian ini memperluas penerapan kerangka kerja sama pertahanan internasional dengan

mengintegrasikan AI sebagai pendorong transformatif interoperabilitas. Penelitian ini juga menjembatani hubungan sipil-militer dan teori teknologi yang sedang berkembang dengan mengusulkan model spesifik konteks yang menghormati kedaulatan sembari mendorong inovasi. Secara praktis, penelitian ini memberikan peta jalan yang jelas dan dapat ditindaklanjuti bagi pembuat kebijakan, perencana pertahanan, dan ahli teknologi militer di Singapura dan Indonesia untuk memulai dan meningkatkan kolaborasi yang digerakkan oleh kecerdasan buatan dalam hubungan pertahanan bilateral yang sudah mapan.

Dari perspektif teoretis, penelitian ini berkontribusi pada pengetahuan tentang kerja sama militer bilateral dan teknologi yang sedang berkembang di Asia Tenggara. Studi ini menegaskan relevansi model kerja sama gradualis dalam konteks pertahanan yang sensitif dan memperkenalkan lensa baru untuk memahami bagaimana AI dapat bertindak sebagai pendorong kemampuan dan jembatan strategis. Selain itu, integrasi AI dalam paradigma Pertahanan Total menyoroti utilitas lintas domainnya – tidak hanya dalam peperangan tetapi juga dalam intelijen, penangkalan, dan dukungan sipil.

Secara praktis, penelitian ini menawarkan panduan dasar untuk mengoperasionalkan kerja sama AI di bawah naungan DCA Singapura-Indonesia tahun 2022 dan kerangka kerja bilateral di masa depan. Model bertahap yang diusulkan dapat digunakan untuk menyelaraskan strategi kelembagaan, mengembangkan program pelatihan, dan menyusun investasi teknologi. Selain itu, hal ini menyoroti bagaimana RSAF dan TNI AU dapat berkontribusi pada inovasi pertahanan di seluruh ASEAN dan berfungsi sebagai model regional untuk tata kelola AI, pembangunan kepercayaan, dan diplomasi pertahanan.

Sebagai kesimpulan, kerja sama pertahanan berbasis AI antara RSAF dan TNI AU tidak hanya merupakan kebutuhan strategis di era disrupsi teknologi yang semakin cepat, tetapi juga merupakan jalur yang layak dan berdampak menuju stabilitas regional yang lebih besar. Melalui implementasi yang disengaja dan berbasis kepercayaan, kolaborasi semacam itu dapat meningkatkan efektivitas operasional, keselarasan kebijakan, dan arsitektur keamanan regional di Indo-Pasifik.

Daftar Pustaka

- Aid, M. M. (2013, June 10). *Inside the NSA's ultra-secret China hacking group*. Foreign Policy. Diambil dari <https://foreignpolicy.com/2013/06/10/inside-the-nasas-ultra-secret-china-hacking-group/>
- Albright, D., Brannan, P., & Walrond, C. (2010, December 22). *Did Stuxnet take out 1,000 centrifuges at the Natanz enrichment plant?* Institute for Science and International Security. Diambil dari <https://isis-online.org/isis-reports/detail/did-stuxnet-take-out-1000-centrifuges-at-the-natanz-enrichment-plant/>
- Bejtlich, R. (2015). Strategic defense in cyberspace: Beyond tools and tactics. In K. Geers (Ed.), *Cyber War in Perspective: Russian Aggression against Ukraine* (pp. 159–170). NATO CCD COE Publication. Diambil dari <https://www.csis.org/programs/strategic-technologies-program/past-work/cybersecurity-and-governance/cyber-bibliography>
- Bendiek, A., & Metzger, T. (2015). *Deterrence theory in the cyber-century: Lessons from a state-of-the-art literature review*. Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik. Diambil dari https://www.swp-berlin.org/publications/products/arbeitspapiere/Bendiek-Metzger_WP-Cyberdeterrence.pdf
- Booth, K., & Wheeler, N. J. (2008). *The security dilemma: Fear, cooperation and trust in world politics*. Palgrave Macmillan.
- Brantly, A. F. (2020). *The cyber deterrence problem*. Rowman & Littlefield Publishers.
- Chapple, M. (2021). *Cyberwarfare: Information operations in a connected world*. Jones & Bartlett Learning.
- Dai, X., Snidal, D., & Sampson, M. (2017). *International cooperation theory and international institutions*. Oxford Research Encyclopedia of Politics. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228637.013.264>
- Department of Defense USA. (2006). *Deterrence operations joint operating concept*. Diambil dari https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/concepts/joc_deterrence.pdf
- Department of Defense USA. (2023). *2023 DOD cyber strategy summary*. Diambil dari https://media.defense.gov/2023/Sep/12/2003299076/-1/-1/1/2023_DOD_Cyber_Strategy_Summary.PDF
- Farrell, H., & Glaser, C. L. (2017). The role of effects, salencies and norms in US cyberwar doctrine. *Journal of Cybersecurity*, 3(1), 7–17. <https://doi.org/10.1093/cybsec/tyw016>
- Glaser, C. L. (1997). The security dilemma revisited. *World Politics*, 50(1), 171–201. <https://doi.org/10.1017/S0043887100005325>
- Goodman, W. (2010). Cyber deterrence: Tougher in theory than in practice? *Strategic Studies Quarterly*, 4(3), 102–135. Diambil dari <https://www.jstor.org/stable/26270541>
- Hanumanthappa. (2023). *An overview of David Easton and the political system*. *International Journal of Political Science and Public Administration*, 5(2), 14–20.
- Jensen, E. T. (2012). Cyber deterrence. *Emory International Law Review*, 26(2), 773–824. Diambil dari https://digitalcommons.law.byu.edu/faculty_scholarship/231/
- Kementerian Pertahanan Republik Indonesia. (2024). *The implications of artificial intelligence in the defence industry: Challenges and opportunities for Indonesia*. Jakarta: Ministry of Defence Press.
- Kugler, R. L. (2009). Deterrence of cyber attacks. In *Cyberpower and national security* (pp. 309–340). National Defense University Press. Diambil dari <https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/Books/CTBSP-Exports/Cyberpower/Cyberpower-I-Chap-13.pdf>
- Langner, R. (2013). *To kill a centrifuge: A technical analysis of what Stuxnet's creators tried to achieve*. Diambil dari <https://www.langner.com/to-kill-a-centrifuge/>



- Lindsay, J. R. (2013). Stuxnet and the limits of cyber warfare. *Security Studies*, 22(3), 365–404. <https://doi.org/10.1080/09636412.2013.816122>
- Matania, E., & Yoffe, L. (2022). Some things the giant could learn from the small: Unlearned cyber lessons for the US from Israel. *The Cyber Defense Review*, 7(1), 101–110. Diambil dari https://cyberdefensereview.army.mil/Portals/6/Documents/2022_winter/04_Matania_CDR_V7N1_Winter_2022.pdf
- Maurer, T. (2018). *Cyber mercenaries: The state, hackers, and power*. Cambridge University Press.
- Milevski, L. (2011). Stuxnet and strategy: A special operation in cyberspace? *Joint Force Quarterly*, (63), 64–69. Diambil dari https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/jfq/jfq-63/jfq-63_64-69_Milevski.pdf
- National Security Agency. (2023). NSA's China specialist: US at a loss to deter Chinese hackers. *Breaking Defense*. Diambil dari <https://breakingdefense.com/2024/08/nsas-china-specialist-us-at-a-loss-to-deter-alleged-chinese-hackers/>
- Nye, J. S. (2017). Deterrence and dissuasion in cyberspace. *International Security*, 41(3), 44–71. https://doi.org/10.1162/ISEC_a_00266
- RAND Corporation. (2020). *Artificial intelligence and national security*. https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR2787.html
- Schelling, T. C. (2005). *The strategy of conflict* (2nd ed.). Harvard University Press.
- Schmitt, M. N. (Ed.). (2013). *Tallinn manual on the international law applicable to cyber warfare*. Cambridge University Press.
- United States Air Force. (2025). *A new era in testing: United States Air Force Test Pilot School (USAF TPS) partners with Stanford, Silicon Valley for AI emergence*. <https://www.af.mil/News/Article-Display/Article/3799912/a-new-era-in-testing-usaf-tps-partners-with-stanford-silicon-valley-for-ai/>
- Valeriano, B., Jensen, B. M., & Maness, R. C. (2018). *Cyber strategy: The evolving character of power and coercion*. Oxford University Press.
- Waltz, K. N. (1979). *Theory of international politics*. McGraw-Hill.
- Zagare, F. C., & Kilgour, D. M. (2000). *Perfect deterrence*. Cambridge University Press.

Internet

- <https://www.channelnewsasia.com/singapore/vivian-balakrishnan-mfa-rules-based-order-law-jungle-us-china-asean-4972871>, diakses pada 5 Maret 2025 Pukul 19.20 WIB
- <https://ipdefenseforum.com/2024/03/indonesia-singapore-forge-closer-defense-industry-ties/>, diakses pada 6 Maret 2025 Pukul 21.10 WIB
- <https://indonesiadefense.com/tni-au-dan-rsaf-jalin-kerja-sama-patroli-udara-terkoordinasi-di-selat-singapura/>, diakses pada 9 Maret 2025 Pukul 20.23 WIB
- <https://indoconnectsingapore.com/manyar-indopura-joint-indonesia-singapore-air-forces-exercise/>, diakses pada 4 Maret 2025 Pukul 18.44 WIB
- <https://www.mindef.gov.sg/rsaf/news-and-publications/news/singapore-and-indonesia-successfully-conclude-22th-edition-of-exercise-elang-indopura>, diakses pada 7 Maret 2025 Pukul 20.21 WIB
- <https://www.straitstimes.com/singapore/singapore-and-indonesia-air-forces-complete-22nd-edition-of-air-exercise>, diakses pada 10 Maret 2025 Pukul 21.34 WIB

Dokumen-Dokumen Pendukung

- *Joint Declaration between RSAF and TNI-AU regarding joint exercises and cooperation* (Ministry of Defence Singapore, 2021)
- *Indonesian Law Number 3 of 2023 concerning the Defence Cooperation Agreement (DCA) between Singapore and Indonesia* (DPR, 2023)
- *Ministry of Foreign Affairs. (2023). Expanded Framework Agreement between Singapore*



and Indonesia: FIR Realignment & Defense Cooperation Agreement (DCA).

- *Report from the Singapore Ministry of Defence (MINDEF) related to Smart Airbase, adoption of Virtual Reality & Augmented Reality (MINDEF, 2021) Report from the Indonesian Air Force on the implementation of digital technology for the Precision Measuring Instrument Maintenance and Calibration Program (PMEL) for the operational readiness of the Indonesian Air Force (TNI AU, 2025)*
- *ASEAN Defence Ministers' Meeting (ADMM). (2023). Joint Declaration on Regional Defence Innovation.*
- *S. Rajaratnam School of International Studies (RSIS). (2022). White Paper on AI and ASEAN Defence Cooperation.*
- *TNI AU. (2023). Latihan Gabungan Elang Indopura - Buku Petunjuk Pelaksanaan.*
- *Singapore Ministry of Defence. (2023). RSAF Operational Doctrine on AI Integration.*
- *Keio University GSMC. (2021). AI for Security Cooperation in Asia: Proceedings from Regional Summit.*