JETISH: Journal of Education Technology Information Social Sciences and Health
E-ISSN: 2964-2507 P-ISSN: 2964-819X
Vol. 6 No. 1 Maret 2027

Strategic Maintenance Independence Framework Untuk Kemandirian *Sustainment* Pesawat Sukhoi TNI AU

Joko Susanto[1] Samsul Bahari[2] Rudi Hartono[3]
Program Studi Strategi Pertahanan Udara, Fakultas Strategi Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Indonesia[1,2,3]
Email: joko532374@gmail.com[1] samsulbahari9977@gmail.com[2]
rudihartono9851@gmail.com[3]

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh belum optimalnya kesiapan operasional pesawat Sukhoi TNI Angkatan Udara yang dipengaruhi oleh keterbatasan kemampuan pemeliharaan, ketergantungan terhadap dukungan eksternal atau Original Equipment Manufacturer (OEM), keterbatasan suku cadang, panjangnya waktu pemenuhan material, belum optimalnya integrasi data pemeliharaan dan logistik, serta kebutuhan pengembangan kompetensi personel dan kemitraan industri pertahanan. Penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi dan faktor strategis yang memengaruhi kemandirian sustainment pesawat Sukhoi, merumuskan strategi penguatannya, serta mengembangkan Strategic Maintenance Independence Framework (SMIF) guna mendukung peningkatan combat readiness TNI Angkatan Udara. Penelitian menggunakan metode campuran (mixed methods) dengan desain sequential exploratory. Tahap kualitatif dilaksanakan melalui wawancara, observasi, dan studi dokumentasi, kemudian dilanjutkan dengan analisis kuantitatif-strategis. Penilaian faktor strategis melibatkan tujuh responden yang mewakili Skadron Udara 11, Skatek 044, Depohar 30, Koharmatau, Disaeroau, unsur logistik Kemhan, dan industri pertahanan. Analisis menggunakan SWOT, IFAS, EFAS, IE Matrix, dan TOWS Matrix. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kesiapan operasional pesawat Sukhoi berfluktuasi selama 2021-2026. Pada periode Januari-Juni 2026 terdapat empat pesawat siap operasi dari 16 pesawat (25,00%), meningkat menjadi tujuh pesawat (43,75%) pada September-Oktober 2026. Analisis strategis menghasilkan nilai IFAS 2,36 dan EFAS 2,35 yang menempatkan kemandirian sustainment pada Sel V (Hold and Maintain). Berdasarkan sintesis temuan empiris, analisis strategis, dan validasi pakar, dikembangkan SMIF yang mengintegrasikan lima dimensi: Maintenance Capability, Logistics Resilience, Human Capital Development, Digital Maintenance System, dan Defense Industry Partnership. Kelima dimensi dinilai relevan dan saling melengkapi. SMIF merupakan model konseptual-strategis; efektivitas implementasinya masih memerlukan pengujian empiris lebih lanjut.

Kata Kunci: Combat Readiness; Kemandirian Sustainment; Pesawat Sukhoi; SMIF; TNI Angkatan Udara

Abstract

This study is motivated by the suboptimal operational readiness of Sukhoi aircraft operated by the Indonesian Air Force, which is influenced by limited maintenance capabilities, dependence on external support or Original Equipment Manufacturers (OEMs), spare parts constraints, long material procurement lead times, suboptimal integration of maintenance and logistics data, and the need to develop personnel competencies and defense industry partnerships. This study aims to analyze the conditions and strategic factors affecting Sukhoi sustainment independence, formulate strategies to strengthen it, and develop a Strategic Maintenance Independence Framework (SMIF) to support the improvement of Indonesian Air Force combat readiness. The study employed a mixed-methods approach using a sequential exploratory design. The qualitative phase was conducted through interviews, observations, and document analysis, followed by strategic quantitative analysis. The assessment of strategic factors involved seven respondents representing the 11th Air Squadron, Skatek 044, Depohar 30, Koharmatau, Disaeroau, the Ministry of Defense logistics element, and the defense industry. The analytical methods included SWOT, IFAS, EFAS, the IE Matrix, and the TOWS Matrix. The findings indicate that the operational readiness of Sukhoi aircraft fluctuated during the 2021-2026 period. From January to June 2026, four out of 16 aircraft were operationally ready (25.00%), increasing to seven aircraft (43.75%) in September-October 2026. The strategic analysis yielded an IFAS score of 2.36 and an EFAS score of 2.35, positioning sustainment independence in Cell V (Hold and Maintain). Based on the synthesis of empirical findings, strategic analysis,

and expert validation, this study developed SMIF, which integrates five dimensions: Maintenance Capability, Logistics Resilience, Human Capital Development, Digital Maintenance System, and Defense Industry Partnership. These five dimensions are considered relevant and complementary. SMIF represents a conceptual-strategic framework, and its implementation effectiveness requires further empirical testing.
Keywords: *Combat Readiness; Sustainment Independence; Sukhoi Aircraft; SMIF; Indonesian Air Force*

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

PENDAHULUAN

Combat readiness merupakan salah satu unsur penting dalam mewujudkan kapabilitas kekuatan udara yang mampu melaksanakan tugas operasional secara efektif dan berkelanjutan. Kesiapan kekuatan udara tidak hanya ditentukan oleh kepemilikan dan kemampuan teknis pesawat tempur, tetapi juga oleh kemampuan organisasi untuk mempertahankan kesiapan operasional melalui dukungan pemeliharaan, logistik, sumber daya manusia, teknologi, serta industri pertahanan. Dengan demikian, sustainment pesawat tempur memiliki dimensi strategis karena berpengaruh terhadap keberlangsungan operasi udara dan kredibilitas kemampuan pertahanan udara. Dalam perspektif air power, pesawat tempur harus tersedia dan dapat digunakan sesuai tuntutan operasi. Namun, kemampuan tersebut memerlukan sistem sustainment yang efektif, adaptif, terintegrasi, dan memiliki tingkat kemandirian yang memadai. Pengalaman negara pengguna pesawat Sukhoi menunjukkan bahwa ketergantungan pada OEM, keterbatasan rantai pasok suku cadang, serta kompleksitas pemeliharaan dapat memengaruhi serviceability dan kesiapan operasional. Sejumlah negara merespons tantangan tersebut melalui penguatan depot maintenance, kemampuan industri domestik, peningkatan kompetensi teknisi, dan pengembangan dukungan pemeliharaan nasional.

Dalam konteks Indonesia, pesawat Sukhoi merupakan bagian dari kekuatan udara TNI Angkatan Udara yang harus dipertahankan kesiapan operasionalnya. Data Skadron Udara 11 yang dianalisis dalam tesis menunjukkan bahwa pada Januari-Juni 2026 terdapat empat pesawat siap operasi dari total inventori 16 pesawat atau 25,00%. Dari jumlah tersebut, dua pesawat berstatus ready combat (12,50%) dan dua pesawat basic ready. Pada Juli-Agustus 2026 jumlah pesawat siap operasi meningkat menjadi lima (31,25%), sedangkan pada September-Oktober 2026 meningkat menjadi tujuh (43,75%), dengan empat pesawat ready combat (25,00%) dan tiga basic ready. Data ini menggambarkan perkembangan kesiapan pada periode pengamatan, tetapi tidak dengan sendirinya membuktikan bahwa perubahan tersebut disebabkan oleh satu faktor tertentu. Permasalahan sustainment tidak hanya berkaitan dengan kondisi teknis pesawat. Penelitian mengidentifikasi keterbatasan kemampuan pemeliharaan pada aspek tertentu, ketergantungan terhadap dukungan eksternal, keterbatasan ketersediaan suku cadang dan panjangnya lead time, kebutuhan pengembangan kompetensi teknisi, belum optimalnya integrasi data pemeliharaan dan logistik, serta perlunya penguatan kemitraan industri pertahanan. Struktur pemeliharaan berjenjang telah tersedia melalui Skadron Udara 11, Skatek 044, Depohar 30, dan Koharmatau, namun integrasi antara pemeliharaan, logistik, sumber daya manusia, teknologi, dan industri masih perlu diperkuat.

Penelitian terdahulu telah membahas pemeliharaan, logistik pertahanan, kapabilitas industri, dan kesiapan operasional. Namun, kajian yang secara khusus mengintegrasikan kemampuan pemeliharaan, ketahanan logistik, pengembangan personel, sistem digital, dan kemitraan industri ke dalam satu kerangka strategis kemandirian sustainment pesawat Sukhoi masih terbatas. Research gap tersebut menjadi dasar pengembangan Strategic Maintenance Independence Framework (SMIF). Penelitian ini bertujuan: (1) menganalisis kondisi dan faktor strategis yang memengaruhi kemandirian sustainment pesawat Sukhoi; (2) merumuskan

strategi penguatan berdasarkan analisis lingkungan strategis; dan (3) mengembangkan serta memvalidasi SMIF untuk mendukung combat readiness TNI Angkatan Udara.

Penelitian Terdahulu yang Relevan

Tabel berikut merangkum rujukan konseptual yang digunakan dalam tesis untuk membangun posisi penelitian. Ringkasan ini menunjukkan relevansi teoritis dan bukan klaim bahwa seluruh sumber tersebut merupakan studi empiris khusus pesawat Sukhoi.

No	Penulis/ Tahun	Judul	Tujuan/Fokus	Metode/ Pendekatan	Hasil pokok	Kontribusi dan relevansi
1	Campbell & Jardine (2001)	Maintenance excellence	Menjelaskan keputusan pemeliharaan sepanjang siklus hidup aset	Kajian konseptual/manajerial	Pemeliharaan terkait reliability, availability, biaya, dan keberhasilan misi	Dasar Maintenance Capability
2	Jardine, Lin, & Banjevic (2006)	A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance	Meninjau diagnostik, prognostik, dan CBM	Tinjauan literatur	Mendukung pemeliharaan berbasis kondisi dan prediksi	Dasar Digital Maintenance System
3	Christopher (2016)	Logistics & supply chain management	Menjelaskan pengelolaan rantai pasok dan resiliensi	Buku konseptual	Fleksibilitas, visibilitas, dan adaptasi rantai pasok penting	Dasar Logistics Resilience
4	Pettit, Croxton, & Fiksel (2019)	The evolution of resilience in supply chain management	Mengembangkan perspektif resiliensi rantai pasok	Kajian konseptual	Resiliensi terkait keseimbangan kapabilitas dan kerentanan	Dasar ketahanan dukungan logistik
5	Etzkowitz & Leydesdorff (2000)	The dynamics of innovation: From national systems to a Triple Helix	Menjelaskan kolaborasi universitas–industri–pemerintah	Kajian konseptual	Kolaborasi lintas aktor mendorong inovasi	Dasar Defense Industry Partnership

Kesenjangan penelitian terletak pada belum terintegrasinya lima aspek kemampuan pemeliharaan, ketahanan logistik, pengembangan SDM, sistem digital, dan kemitraan industri ke dalam satu kerangka strategis yang secara khusus diarahkan pada kemandirian sustainment pesawat Sukhoi TNI AU. Karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis faktor strategis kemandirian sustainment dan mengembangkan SMIF sebagai kerangka konseptual-strategis untuk mendukung combat readiness.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode campuran (mixed methods) dengan desain sequential exploratory. Tahap pertama dilakukan secara kualitatif melalui wawancara, observasi, dan studi dokumentasi untuk mengidentifikasi kondisi serta faktor-faktor yang memengaruhi kemandirian sustainment pesawat Sukhoi. Temuan kualitatif kemudian disintesiskan dan digunakan sebagai dasar penilaian faktor strategis pada tahap kuantitatif. Objek penelitian adalah sistem sustainment pesawat Sukhoi TNI Angkatan Udara, dengan keterlibatan unsur Skadron Udara 11 sebagai pengguna, Skatek 044 sebagai unsur pemeliharaan tingkat sedang, Depohar 30 sebagai unsur pemeliharaan tingkat lanjut sesuai kewenangannya, Koharmatau sebagai pembina fungsi pemeliharaan, unsur logistik, Disaeroau, serta industri pertahanan.

Penilaian faktor strategis melibatkan tujuh responden yang mewakili Skadron Udara 11, Skatek 044, Depohar 30, Koharmatau, Disaeroau, Baloghan Kemhan, dan industri pertahanan. Wawancara mendalam dalam tahap kualitatif dilakukan terhadap informan yang relevan dengan fungsi sustainment. Data dikumpulkan melalui wawancara, observasi, studi dokumentasi, dan studi literatur. Analisis kualitatif dilakukan melalui open coding, axial coding, dan selective coding untuk mengidentifikasi pola permasalahan dan mengelompokkannya ke dalam tema strategis. Selanjutnya, faktor internal dan eksternal diklasifikasikan menggunakan SWOT, diberi bobot dan rating melalui IFAS dan EFAS, kemudian dipetakan ke dalam IE Matrix. TOWS Matrix digunakan untuk menyusun alternatif strategi SO, WO, ST, dan WT. Hasil seluruh tahapan tersebut disintesiskan menjadi rancangan SMIF dan divalidasi melalui expert assessment. Validasi SMIF diarahkan untuk menilai relevansi, kesesuaian dengan temuan empiris dan analisis strategis, keterkaitan antardimensi, kelengkapan, serta kelayakan kerangka dalam konteks sustainment pesawat Sukhoi. Validasi merupakan penilaian konseptual terhadap kerangka yang dikembangkan, bukan pengujian efektivitas operasional SMIF setelah implementasi.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Data kesiapan operasional pesawat Sukhoi pada periode 2021-2026 menunjukkan kondisi yang berfluktuasi. Pada periode 2021-2025, proporsi pesawat siap operasi berada pada kisaran 12,50% hingga 31,25%, dengan kondisi tertinggi pada 2022 sebesar 31,25% dan terendah pada 2023 serta 2024 sebesar 12,50%. Pada 2026, data pengamatan menunjukkan peningkatan bertahap dari 25,00% pada Januari-Juni menjadi 31,25% pada Juli-Agustus dan 43,75% pada September-Oktober.

Tabel 1. Perkembangan Kesiapan Operasional Pesawat Sukhoi Tahun 2026

Periode	Ready combat (unit)	Ready combat (%)	Siap operasi (unit)	Siap operasi (%)
Januari-Juni	2	12,50%	4	25,00%
Juli-Agustus	3	18,75%	5	31,25%
September-Oktober	4	25,00%	7	43,75%

Dalam membaca data tersebut, proporsi pesawat siap operasi berdasarkan inventori tidak otomatis identik dengan Mission Capable Rate (MCR) atau Full Mission Capable (FMC). MCR mengukur kemampuan pesawat untuk melaksanakan setidaknya satu misi dalam periode tertentu, sedangkan FMC berkaitan dengan kemampuan melaksanakan seluruh misi yang ditugaskan. Karena definisi dan basis pengukuran berbeda, penelitian mempertahankan indikator proporsi siap operasi dan ready combat sebagai indikator tersendiri. Data MCR/FMC Sukhoi hanya dapat disajikan apabila tersedia sumber dengan definisi yang eksplisit. Hasil wawancara, observasi, dokumentasi, dan studi literatur menunjukkan bahwa permasalahan sustainment mencakup lima kelompok utama. Pertama, kemampuan pemeliharaan pada tingkat tertentu masih memerlukan dukungan eksternal, khususnya untuk pekerjaan yang membutuhkan peralatan khusus, data teknis, otorisasi, atau keahlian tingkat tinggi. Kedua, ketersediaan suku cadang dan material kritis serta waktu pemenuhan kebutuhan dapat menghambat penyelesaian pemeliharaan. Ketiga, kompetensi teknisi perlu dikembangkan secara berkelanjutan melalui pelatihan, mentoring, sertifikasi, dan transfer pengetahuan. Keempat, integrasi data pemeliharaan dan logistik belum optimal untuk mendukung perencanaan dan pengambilan keputusan. Kelima, kemitraan industri pertahanan nasional

perlu diperkuat agar dapat mendukung repair capability, penyediaan komponen tertentu, dan pengembangan kemampuan teknis.

Hasil Analisis Strategis

Faktor-faktor hasil identifikasi selanjutnya dianalisis melalui SWOT untuk memetakan kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman yang memengaruhi kemandirian sustainment. Penilaian strategis oleh tujuh responden menghasilkan nilai IFAS sebesar 2,36 dan EFAS sebesar 2,35. Kedua nilai tersebut menempatkan posisi kemandirian sustainment pada Sel V (Hold and Maintain) dalam IE Matrix.

Tabel 2. Hasil Analisis Posisi Strategis

Instrumen	Hasil	Makna strategis
IFAS	2,36	Kondisi faktor internal berada pada tingkat menengah; penguatan kapabilitas internal masih diperlukan.
EFAS	2,35	Respons terhadap lingkungan eksternal memerlukan pemanfaatan peluang secara selektif dan pengelolaan ancaman.
IE Matrix	Sel V - Hold and Maintain	Strategi diarahkan pada pemeliharaan dan penguatan kapabilitas secara bertahap.

Posisi Sel V menunjukkan bahwa strategi penguatan tidak diarahkan pada ekspansi yang terlalu agresif, tetapi pada konsolidasi dan penguatan kemampuan yang telah tersedia. Organisasi perlu memperbaiki kelemahan internal yang paling berpengaruh terhadap kesinambungan sustainment, sambil memanfaatkan peluang eksternal yang relevan. Hasil tersebut menjadi dasar bagi penyusunan alternatif strategi melalui TOWS Matrix.

Pembahasan

Landasan teori penelitian ini disusun secara bertingkat , yaitu Air Power Theory sebagai grand theory; Strategic Maintenance Management Theory, Defense Readiness Theory, dan Logistics Resilience Theory sebagai middle theories; Strategic Management Theory sebagai supporting theory; serta sejumlah applied concepts untuk mengoperasionalkan aspek pemeliharaan, logistik, digitalisasi, sumber daya manusia, dan kemitraan industri. Susunan tersebut menempatkan penelitian dalam perspektif Strategic Studies/Strategi Pertahanan Udara. Sustainment dipahami sebagai strategic enabler yang menopang combat readiness dan keberlanjutan kapabilitas kekuatan udara, bukan semata-mata sebagai aktivitas teknis pemeliharaan. Air Power Theory menjadi grand theory karena memberikan perspektif makro mengenai kekuatan udara sebagai instrumen strategis dalam mencapai tujuan pertahanan. Douhet (1942) menekankan pentingnya penguasaan udara dalam perang modern; Warden (1995) memandang kekuatan udara melalui pendekatan sistem yang terdiri atas elemen-elemen saling berhubungan; Meilinger (1995) menegaskan karakter strategis Air Power serta keterkaitannya dengan teknologi dan ekosistem industri kedirgantaraan; sedangkan Gray (2012) menghubungkan penggunaan Air Power dengan pencapaian strategic effect. Sintesis pemikiran tersebut menunjukkan bahwa kapabilitas kekuatan udara tidak cukup dinilai dari jumlah atau kecanggihan platform, tetapi juga dari kemampuan mempertahankan kesiapan dan keberlanjutan penggunaannya.

Dalam konteks pesawat Sukhoi TNI Angkatan Udara, pesawat, awak, personel pemeliharaan, fasilitas, suku cadang, logistik, data teknis, dan dukungan industri merupakan elemen yang saling berkaitan dalam satu sistem kekuatan udara. Keterbatasan pada salah satu elemen dapat memengaruhi kemampuan sistem dalam mempertahankan kesiapan. Oleh karena itu, sustainment ditempatkan sebagai strategic enabler yang memungkinkan pesawat tempur tetap tersedia, dapat dipelihara, dan siap digunakan untuk mendukung misi. Combat

readiness merupakan kondisi kesiapan yang hendak dipertahankan, sedangkan kemandirian sustainment merupakan kemampuan strategis yang perlu diperkuat untuk menopang kondisi tersebut. Dengan demikian, hubungan konseptual penelitian dirumuskan sebagai Air Power Theory → kapabilitas kekuatan udara → combat readiness, yang didukung oleh sustainment dan diperkuat melalui kemandirian sustainment. SMIF dikembangkan sebagai model strategis untuk mengintegrasikan kemampuan-kemampuan yang diperlukan dalam penguatan kemandirian sustainment. Hubungan ini merupakan alur strategis-konseptual, bukan klaim hubungan kausal statistik.

Strategic Maintenance Management memandang pemeliharaan sebagai fungsi strategis yang harus selaras dengan tujuan organisasi dan berperan dalam menjamin keberlanjutan operasi, pengelolaan risiko, serta pencapaian kinerja utama. Campbell dan Jardine (2001) menempatkan pemeliharaan dalam keputusan sepanjang siklus hidup aset yang memengaruhi reliability, availability, biaya operasional, dan keberhasilan misi. Dalam konteks militer, pemeliharaan mencakup pengambilan keputusan berbasis risiko, pengelolaan siklus hidup alutsista, penguatan depot capability, pengendalian logistik, dan integrasi sistem pemeliharaan dengan kebutuhan operasi. Teori ini digunakan untuk menjelaskan bahwa penguatan sustainment Sukhoi harus ditempatkan sebagai agenda strategis, bukan sekadar kegiatan perbaikan teknis. Implikasinya terhadap SMIF terutama terletak pada Maintenance Capability, yaitu kemampuan organisasi merencanakan, melaksanakan, mengendalikan, dan mengembangkan pemeliharaan agar keandalan serta ketersediaan pesawat dapat dipertahankan. Defense Readiness Theory menjelaskan kesiapan pertahanan sebagai kondisi yang menunjukkan kemampuan organisasi militer untuk melaksanakan tugas dan operasi sesuai tuntutan misi. Kesiapan dipengaruhi oleh kesiapan personel, alutsista, logistik, pelatihan, dan dukungan organisasi secara menyeluruh (Betts, 1995). Dalam konteks kekuatan udara, combat readiness berkaitan dengan kesiapan pesawat, awak pesawat, dukungan logistik, kemampuan pemeliharaan, dan sumber daya pendukung lainnya (Joint Chiefs of Staff, 2019).

Dalam penelitian ini, combat readiness dipahami sebagai outcome strategis yang didukung oleh efektivitas sustainment. Indikator yang digunakan dalam tesis mencakup availability rate, MCR apabila tersedia dengan definisi operasional yang sesuai, kesiapan personel, serta kemampuan sustainment untuk menjamin keberlanjutan operasi udara. Proporsi pesawat siap operasi berdasarkan inventori tidak disamakan secara otomatis dengan MCR atau FMC. Teori ini menjadi penghubung antara penguatan kemandirian sustainment melalui SMIF dan tujuan strategis berupa kesiapan tempur TNI Angkatan Udara. Logistics Resilience Theory menjelaskan kemampuan sistem logistik untuk mengantisipasi, merespons, beradaptasi, dan pulih dari gangguan yang memengaruhi keberlanjutan dukungan operasional. Christopher (2016) menekankan fleksibilitas, redundansi, visibilitas informasi, dan kemampuan adaptasi dalam menghadapi ketidakpastian rantai pasok. Pettit, Croxton, dan Fiksel (2019) menjelaskan resiliensi melalui hubungan antara kapabilitas organisasi dan kerentanan yang dihadapinya. Dalam konteks pertahanan, gangguan rantai pasok global, keterbatasan pemasok, lead time, serta ketergantungan terhadap OEM dapat memengaruhi ketersediaan komponen dan keberlanjutan pemeliharaan. Teori ini digunakan untuk menjelaskan pentingnya kemampuan mempertahankan dukungan suku cadang, material, dukungan teknis, dan rantai pasok. Kontribusinya terhadap SMIF terutama membentuk dimensi Logistics Resilience, termasuk identifikasi komponen kritis, pengelolaan persediaan, perencanaan kebutuhan, pengembangan alternatif dukungan, dan integrasi fungsi logistik dengan pemeliharaan.

Strategic Management Theory digunakan sebagai supporting theory, bukan sebagai grand theory. David (2011) menjelaskan manajemen strategis sebagai proses analisis lingkungan internal dan eksternal, perumusan, implementasi, serta evaluasi strategi organisasi. Dalam penelitian ini, teori tersebut membantu mengidentifikasi faktor strategis yang memengaruhi kemandirian sustainment dan menerjemahkannya menjadi alternatif strategi. Fungsi analitisnya diwujudkan melalui SWOT untuk mengelompokkan Strengths, Weaknesses, Opportunities, dan Threats; IFAS dan EFAS untuk menilai faktor internal dan eksternal; IE Matrix untuk menentukan posisi strategis; serta TOWS Matrix untuk merumuskan alternatif strategi SO, WO, ST, dan WT. Dengan demikian, Strategic Management Theory menjadi perangkat pendukung dalam proses analisis dan perumusan strategi, sedangkan perspektif utama penelitian tetap berada pada Air Power Theory dan teori tingkat menengah. RCM merupakan pendekatan pemeliharaan berorientasi keandalan melalui pemahaman fungsi sistem, identifikasi kegagalan fungsional, analisis konsekuensi kegagalan, dan penentuan tugas pemeliharaan yang tepat (Moubray, 1997). Dalam penelitian ini, RCM mendukung Maintenance Capability melalui analisis failure mode, komponen kritis, strategi pemeliharaan berbasis risiko, serta pemanfaatan histori pemeliharaan. RCM juga mendukung Digital Maintenance System karena data kegagalan dan kondisi komponen dapat digunakan dalam pengambilan keputusan. ILS mengintegrasikan elemen dukungan sepanjang siklus hidup alutsista, meliputi pemeliharaan, personel, pelatihan, dokumentasi teknis, fasilitas, peralatan, suku cadang, dan sumber daya logistik (Blanchard, 2004). Dalam SMIF, ILS menjadi dasar bagi Logistics Resilience karena kebutuhan logistik perlu direncanakan dan dihubungkan dengan kebutuhan operasi serta pemeliharaan agar availability, reliability, maintainability, dan supportability dapat dipertahankan.

CBM+ menggunakan informasi kondisi aktual sistem atau komponen sebagai dasar penentuan kebutuhan dan waktu pemeliharaan, dengan mengintegrasikan condition monitoring, pengumpulan dan pengolahan data, analisis kondisi, serta keputusan pemeliharaan (U.S. Department of Defense, 2008). Konsep ini mendukung Digital Maintenance System melalui pemanfaatan data aktual, deteksi dini indikasi kegagalan, dan penentuan prioritas tindakan pemeliharaan. Predictive Maintenance memanfaatkan data historis, data kondisi aktual, sensor, dan analisis tren untuk memperkirakan kemungkinan kegagalan sebelum terjadi (Jardine, Lin, & Banjevic, 2006). Dalam penelitian ini, konsep tersebut mendukung Digital Maintenance System melalui failure trend analysis, predictive analytics, dan decision support. Penerapannya merupakan arah pengembangan konseptual dan tidak dinyatakan telah diterapkan secara operasional pada armada Sukhoi dalam penelitian ini. CMMS merupakan sistem informasi untuk mengelola perencanaan pekerjaan, penjadwalan, work order, persediaan suku cadang, maintenance history, sumber daya, dan pelaporan kinerja pemeliharaan (Wireman, 2010). Dalam SMIF, CMMS menjadi infrastruktur pendukung Digital Maintenance System yang memungkinkan integrasi data pemeliharaan, penelusuran histori, dan penyediaan informasi bagi pengambilan keputusan. Human Capital Theory memandang pengetahuan, keterampilan, pengalaman, dan kompetensi sebagai aset strategis yang dapat dikembangkan melalui pendidikan dan pelatihan (Becker, 1993). Spencer dan Spencer (1993) menjelaskan kompetensi melalui pengetahuan, keterampilan, konsep diri, karakteristik pribadi, dan motivasi. Dalam konteks sustainment, konsep ini menjadi dasar Human Capital Development melalui pendidikan, pelatihan teknis, sertifikasi, pengalaman, mentoring, knowledge sharing, dan transfer of technology.

Triple Helix menjelaskan kolaborasi pemerintah, industri, dan akademisi dalam mendorong inovasi serta pengembangan teknologi (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). Penta Helix memperluas kolaborasi dengan melibatkan unsur masyarakat dan media dalam

ekosistem inovasi (Carayannis & Campbell, 2010). Dalam konteks penelitian ini, kedua konsep mendukung Defense Industry Partnership melalui kerja sama TNI/pemerintah, industri pertahanan, perguruan tinggi, lembaga penelitian, dan pemangku kepentingan terkait untuk transfer teknologi, knowledge sharing, riset, serta pengembangan kemampuan pemeliharaan nasional. Berdasarkan sintesis teori dan konsep tersebut, lima dimensi SMIF dibentuk sebagai hasil integrasi landasan teoretis, penelitian terdahulu, temuan empiris, analisis strategis, dan validasi pakar. RCM terutama mendukung Maintenance Capability; ILS mendukung Logistics Resilience; Human Capital Theory dan Competency Concept mendukung Human Capital Development; CBM+, Predictive Maintenance, dan CMMS mendukung Digital Maintenance System; sedangkan Triple Helix dan Penta Helix mendukung Defense Industry Partnership. Strategic Management Theory berfungsi lintas dimensi untuk menganalisis faktor internal dan eksternal serta merumuskan strategi. Dengan susunan tersebut, SMIF bukan pengulangan satu teori tertentu, melainkan model strategis hasil sintesis. Kelima dimensi saling terkait: kemampuan pemeliharaan memerlukan personel kompeten dan dukungan material; sistem digital mengintegrasikan informasi pemeliharaan dan logistik; sedangkan kemitraan industri memperkuat kapasitas nasional pada bidang yang layak dikembangkan. Integrasi tersebut diarahkan untuk meningkatkan sustainment effectiveness yang selanjutnya mendukung combat readiness.

TOWS Matrix menghubungkan faktor Strengths, Weaknesses, Opportunities, dan Threats untuk menghasilkan alternatif strategi. Dalam konteks hasil penelitian, arah strategi yang perlu diprioritaskan adalah strategi penguatan internal dengan memanfaatkan peluang eksternal, terutama melalui pengembangan kemampuan pemeliharaan, penguatan ketahanan logistik, peningkatan kompetensi personel, integrasi data, dan kerja sama industri. Alternatif strategi perlu dijalankan secara selektif sesuai kemampuan teknis, kewenangan, persyaratan keselamatan, dan ketentuan yang berlaku. Berdasarkan sintesis temuan empiris, landasan teori, hasil SWOT, IFAS, EFAS, IE Matrix, TOWS Matrix, serta expert assessment, penelitian menghasilkan Strategic Maintenance Independence Framework (SMIF). SMIF tidak ditetapkan sebagai model yang telah terbentuk sebelum penelitian, melainkan dikembangkan secara bertahap dari temuan dan analisis. Kerangka ini mengintegrasikan lima dimensi yang saling berkaitan.

Tabel 3. Dimensi Strategic Maintenance Independence Framework

Dimensi SMIF	Fokus penguatan	Sasaran strategis
Maintenance Capability	Depot capability, engineering capability, reverse engineering, dan local manufacturing pada aspek yang layak dan diizinkan	Meningkatkan kemampuan pemeliharaan internal dan mengurangi ketergantungan pada dukungan eksternal untuk aspek kritis.
Logistics Resilience	Identifikasi komponen kritis, ketahanan persediaan, perencanaan kebutuhan, alternatif sumber dukungan, dan integrasi logistik-pemeliharaan	Menjamin kesinambungan ketersediaan suku cadang, material, dan kebutuhan sustainment.
Human Capital Development	Pendidikan, pelatihan, sertifikasi, mentoring, on-the-job training, transfer pengetahuan, dan knowledge management	Menjamin personel kompeten serta keberlanjutan pengetahuan dan kemampuan teknis.
Digital Maintenance System	Integrasi data pemeliharaan, histori komponen, condition monitoring, dan dukungan keputusan berbasis data	Mendukung perencanaan, pemantauan, evaluasi, dan keputusan pemeliharaan yang lebih terintegrasi.
Defense Industry Partnership	Kerja sama industri nasional, dukungan teknis, local repair capability, dan pengembangan kemampuan industri	Memperkuat dukungan industri nasional dan mengurangi ketergantungan eksternal pada aspek yang memungkinkan.

Kelima dimensi tersebut memiliki hubungan yang saling melengkapi. Maintenance Capability menjadi kemampuan inti dalam melaksanakan sustainment. Human Capital Development menjamin tersedianya personel yang kompeten, sedangkan Logistics Resilience menjamin ketersediaan material dan suku cadang. Digital Maintenance System berfungsi sebagai enabler integrasi informasi, pemantauan kondisi, dan pengambilan keputusan. Defense Industry Partnership memperkuat kemampuan nasional melalui dukungan teknis, pengembangan kemampuan repair, dan penyediaan komponen tertentu. Hasil validasi konseptual pakar menunjukkan bahwa kelima dimensi dinilai relevan dengan kebutuhan penguatan kemandirian sustainment. Masukan pakar mengarahkan agar Maintenance Capability difokuskan pada penguatan kemampuan dan pengurangan ketergantungan eksternal; Logistics Resilience diperkuat pada aspek ketahanan rantai pasok; Human Capital Development menekankan kompetensi dan keberlanjutan SDM; Digital Maintenance System diperjelas sebagai sistem pendukung sustainment; serta Defense Industry Partnership diperkuat pada kerja sama dan pengembangan kemampuan industri. Dimensi dipertahankan dengan penyempurnaan fokus dan keterkaitannya.

Dalam kerangka tersebut, SMART Thunder tidak ditempatkan sebagai dimensi atau variabel penelitian. SMART Thunder merupakan usulan enabler implementatif yang dapat mendukung dimensi Digital Maintenance System, terutama untuk integrasi data pemeliharaan, pemantauan kondisi, analisis data, dan dukungan pengambilan keputusan. Dengan demikian, SMART Thunder merupakan gagasan implementasi lanjutan, bukan sistem yang telah terbukti diterapkan atau divalidasi secara operasional dalam penelitian ini. Hasil penelitian memperlihatkan keterkaitan antara Air Power Theory dan kebutuhan sustainment sebagai strategic enabler. Perspektif Douhet, Warden, Meilinger, dan Gray menempatkan kesiapan serta keberlanjutan kemampuan pesawat sebagai bagian dari kapabilitas kekuatan udara untuk menghasilkan efek strategis. Temuan mengenai fluktuasi kesiapan operasional Sukhoi dan berbagai kendala sustainment memperlihatkan bahwa kepemilikan platform belum cukup tanpa dukungan pemeliharaan, logistik, personel, data, dan industri yang terintegrasi. Dari perspektif Strategic Maintenance Management Theory, temuan keterbatasan kemampuan pemeliharaan pada pekerjaan tertentu memperkuat kebutuhan pengembangan depot capability, engineering capability, dan pemeliharaan berbasis risiko. Defense Readiness Theory menjelaskan posisi combat readiness sebagai outcome strategis yang membutuhkan dukungan sustainment secara berkelanjutan. Sementara itu, Logistics Resilience Theory menjelaskan bahwa keterbatasan suku cadang, lead time, dan ketergantungan pada sumber dukungan merupakan kerentanan rantai pasok yang perlu dikelola melalui identifikasi komponen kritis, alternatif sumber dukungan, serta integrasi kebutuhan logistik dan pemeliharaan.

Strategic Management Theory memberikan dasar bagi penggunaan SWOT, IFAS, EFAS, IE Matrix, dan TOWS Matrix. Nilai IFAS 2,36 dan EFAS 2,35 yang menempatkan posisi pada Sel V (Hold and Maintain) menunjukkan arah konsolidasi dan penguatan kapabilitas secara bertahap, bukan ekspansi yang tidak didukung oleh kapasitas. Applied concepts selanjutnya menerjemahkan arah tersebut ke dalam kebutuhan teknis: RCM untuk keandalan pemeliharaan; ILS untuk integrasi dukungan; CBM+ dan Predictive Maintenance untuk pemeliharaan berbasis kondisi dan prediksi; CMMS untuk integrasi informasi; Human Capital Theory untuk kompetensi personel; serta Triple/Penta Helix untuk kolaborasi industri dan pengetahuan. Dengan demikian, lima dimensi SMIF merupakan titik temu antara teori strategis, teori kesiapan, teori pemeliharaan, resiliensi logistik, dan konsep-konsep terapan. Hasil validasi pakar mendukung relevansi konseptual kelima dimensi, tetapi belum membuktikan efektivitas implementasi. Hubungan SMIF dengan combat readiness dalam penelitian ini, karenanya, dinyatakan sebagai kontribusi strategis yang diharapkan melalui peningkatan

sustainment effectiveness, bukan sebagai hubungan sebab-akibat yang telah diuji secara statistik.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa kemandirian sustainment merupakan kemampuan multidimensional. Peningkatan kesiapan operasional tidak cukup dilakukan melalui pemeliharaan teknis secara parsial, tetapi memerlukan integrasi kemampuan pemeliharaan, logistik, personel, sistem digital, dan industri pertahanan. Penguatan kelima dimensi SMIF diharapkan meningkatkan sustainment effectiveness melalui berkurangnya hambatan pemeliharaan, membaiknya kesinambungan material, meningkatnya kompetensi teknisi, tersedianya informasi yang lebih terintegrasi, dan menguatnya dukungan industri nasional. Implikasi strategisnya adalah perlunya pergeseran orientasi dari pendekatan yang semata-mata berfokus pada pemenuhan kebutuhan pengadaan menuju pendekatan capability-oriented. Prioritas implementasi dapat dimulai dengan pemetaan kesenjangan kemampuan dan komponen kritis, dilanjutkan dengan penguatan kompetensi serta fasilitas, integrasi data pemeliharaan-logistik, dan pengembangan kemitraan industri. Penetapan prioritas harus mempertimbangkan dampak terhadap kesiapan operasional, kelayakan teknis, kewenangan organisasi, keselamatan penerbangan, dan ketentuan kelaikudaraan. Penelitian ini menghasilkan model konseptual-strategis dan validasi konseptual pakar, bukan bukti kausal bahwa penerapan SMIF telah meningkatkan combat readiness. Efektivitas implementasi perlu diuji lebih lanjut melalui penerapan bertahap dan pengukuran indikator yang konsisten, antara lain proporsi pesawat siap operasi, MCR dan FMC apabila definisi serta datanya tersedia, waktu tunggu material, lead time suku cadang, waktu penyelesaian pemeliharaan, dan tingkat pemenuhan kebutuhan komponen kritis.

KESIMPULAN

Penelitian menunjukkan bahwa kemandirian sustainment pesawat Sukhoi TNI Angkatan Udara dipengaruhi oleh keterkaitan lima dimensi strategis, yaitu Maintenance Capability, Logistics Resilience, Human Capital Development, Digital Maintenance System, dan Defense Industry Partnership. Kondisi kesiapan operasional pesawat Sukhoi pada periode 2021-2026 berfluktuasi. Pada 2026, proporsi pesawat siap operasi meningkat dari 25,00% pada Januari-Juni menjadi 43,75% pada September–Oktober, berdasarkan inventori 16 pesawat. Analisis strategis menghasilkan nilai IFAS 2,36 dan EFAS 2,35 yang menempatkan kemandirian sustainment pada Sel V (Hold and Maintain). Posisi ini mengindikasikan perlunya penguatan kapabilitas internal secara bertahap dengan memanfaatkan peluang eksternal secara selektif. Alternatif strategi diarahkan pada pengembangan kemampuan pemeliharaan, penguatan ketahanan rantai pasok, pengembangan kompetensi personel, integrasi data pemeliharaan, dan peningkatan kemitraan industri pertahanan. Kontribusi utama penelitian adalah pengembangan SMIF sebagai kerangka strategis yang mengintegrasikan kelima dimensi tersebut. Hasil validasi konseptual pakar menunjukkan bahwa dimensi-dimensi SMIF relevan dan saling melengkapi sebagai kerangka penguatan kemandirian sustainment. SMIF diharapkan mendukung sustainment effectiveness dan combat readiness, namun efektivitas implementasinya masih memerlukan pengujian empiris lebih lanjut. TNI Angkatan Udara perlu mempertimbangkan penerapan SMIF secara bertahap dengan menetapkan prioritas berdasarkan dampak operasional dan kesenjangan kemampuan yang teridentifikasi. Unsur pemeliharaan dan logistik perlu memperkuat pemetaan kemampuan depot, komponen kritis, waktu pemenuhan material, dan kebutuhan kompetensi teknisi. Pengembangan sistem digital perlu diarahkan pada integrasi data pemeliharaan dan logistik serta didukung oleh tata kelola data yang memadai. Kemitraan dengan industri pertahanan dan perguruan tinggi perlu diarahkan pada bidang yang layak dikembangkan secara teknis, regulatif, dan ekonomis.

Penelitian lanjutan disarankan untuk menguji implementasi SMIF secara empiris melalui proyek percontohan dan pengukuran indikator kinerja sustainment sebelum dan sesudah penerapan. Pengujian tersebut diperlukan untuk mengetahui kontribusi masing-masing dimensi terhadap sustainment effectiveness dan combat readiness, sekaligus menyempurnakan indikator, tata kelola, dan tahapan implementasi SMIF.

Novelty penelitian ini terletak pada pengembangan Strategic Maintenance Independence Framework (SMIF) sebagai kerangka konseptual-strategis yang mengintegrasikan lima dimensi utama, yaitu Maintenance Capability, Logistics Resilience, Human Capital Development, Digital Maintenance System, dan Defense Industry Partnership, dalam satu pendekatan terpadu untuk membangun kemandirian sustainment pesawat Sukhoi TNI Angkatan Udara. Berbeda dengan pendekatan pemeliharaan pesawat militer yang cenderung berorientasi pada aspek teknis pemeliharaan, ketersediaan suku cadang, atau peningkatan kesiapan operasional secara parsial, SMIF mengonstruksi hubungan strategis antara kapabilitas pemeliharaan nasional, ketahanan rantai pasok, kompetensi sumber daya manusia, integrasi sistem informasi digital, dan kapasitas industri pertahanan dalam mengurangi ketergantungan terhadap dukungan Original Equipment Manufacturer (OEM). Kebaruan tersebut diperkuat melalui sintesis bukti empiris mengenai dinamika kesiapan operasional pesawat Sukhoi periode 2021–2026, pemetaan faktor internal dan eksternal menggunakan analisis SWOT, IFAS, EFAS, IE Matrix, dan TOWS Matrix, serta validasi pakar lintas pemangku kepentingan pertahanan udara. Dengan demikian, SMIF tidak hanya menawarkan strategi peningkatan kemampuan pemeliharaan, tetapi juga memperkenalkan perspektif kemandirian sustainment sebagai integrasi kapabilitas teknis, logistik, sumber daya manusia, digitalisasi, dan ekosistem industri pertahanan untuk mendukung keberlanjutan kesiapan tempur (combat readiness) secara nasional. Kebaruan ini menempatkan SMIF sebagai model konseptual-strategis yang berpotensi menjadi landasan pengembangan kebijakan sustainment alutsista udara yang lebih mandiri, terintegrasi, dan berkelanjutan, dengan efektivitas implementasi yang masih memerlukan pengujian empiris lebih lanjut.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada para informan dan pihak-pihak pada unsur TNI Angkatan Udara, Kementerian Pertahanan, serta industri pertahanan yang telah memberikan informasi dan dukungan bagi pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Barney, J. B. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. Journal of Management, 17(1), 99-120. https://doi.org/10.1177/014920639101700108

Becker, G. S. (1993). Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education (3rd ed.). University of Chicago Press.

Betts, R. K. (1995). Military readiness: Concepts, choices, consequences. Brookings Institution Press.

Blanchard, B. S. (2004). Logistics engineering and management (6th ed.). Pearson Prentice Hall.

Blanchard, B. S., & Fabrycky, W. J. (2011). Systems engineering and analysis (5th ed.). Pearson.

Campbell, J. D., & Jardine, A. K. S. (Eds.). (2001). Maintenance excellence: Optimizing equipment life-cycle decisions. Marcel Dekker.

Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2010). Triple helix, quadruple helix and quintuple helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other? International Journal of Social Ecology and Sustainable Development, 1(1), 41-69.

Christopher, M. (2016). Logistics & supply chain management (5th ed.). Pearson.

Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches (4th ed.). SAGE Publications.

David, F. R. (2011). Strategic management: Concepts and cases (13th ed.). Prentice Hall.
David, F. R., & David, F. R. (2017). Strategic management: A competitive advantage approach, concepts and cases (16th ed.). Pearson.
Douhet, G. (1942). The command of the air. Coward-McCann. (Original work published 1921).
Douhet, G. (1942). The command of the air. Office of Air Force History. (Original work published 1921).
Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From national systems and "Mode 2" to a triple helix of university-industry-government relations. Research Policy, 29(2), 109-123.
Gray, C. S. (2012). Airpower for strategic effect. Air University Press.
International Institute for Strategic Studies. (2023). The military balance 2023. Routledge.
Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. Mechanical Systems and Signal Processing, 20(7), 1483-1510.
Joint Chiefs of Staff. (2019). Joint publication 1-0: Joint personnel support. U.S. Department of Defense.
Meilinger, P. S. (Ed.). (1995). The paths of heaven: The evolution of airpower theory. Air University Press.
Moubray, J. (1997). Reliability-centered maintenance (2nd ed.). Industrial Press.
Pettit, T. J., Croxton, K. L., & Fiksel, J. (2019). The evolution of resilience in supply chain management: A retrospective on ensuring supply chain resilience. Journal of Business Logistics, 40(1), 56-65.
Republik Indonesia. (2012). Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2012 tentang Industri Pertahanan.
SIPRI. (2023). SIPRI yearbook 2023: Armaments, disarmament and international security. Oxford University Press.
Spencer, L. M., & Spencer, S. M. (1993). Competence at work: Models for superior performance. John Wiley & Sons.
Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. Strategic Management Journal, 28(13), 1319-1350. https://doi.org/10.1002/smj.640
U.S. Department of Defense. (2008). Condition-based maintenance plus (CBM+) guidebook. Department of Defense.
U.S. Government Accountability Office. (2024). Military aircraft: DOD needs to improve sustainment measures and data. U.S. GAO.
Warden, J. A., III. (1995). The enemy as a system. Airpower Journal, 9(1), 40-55.
Wireman, T. (2010). Computerized maintenance management systems (2nd ed.). Industrial Press.