



Optimalisasi Sistem Penelitian dan Pengembangan Berbasis Model Triple Helix Guna Menghasilkan Produk Inovasi Teknologi Pertahanan dalam Rangka Mewujudkan Kemandirian Alutsista TNI AU

Ardhimas Wimbo Wasisto^{1*}, Bambang Margono¹

¹Sekolah Staf dan Komando Angkatan Udara, Bandung, Indonesia

*Email: ardhimas.wimbo.wasisto@seskoau-mil.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan memberikan masukan kepada pimpinan TNI AU dengan menyajikan alternatif solusi untuk mewujudkan kemandirian alutsista melalui optimalisasi sistem penelitian dan pengembangan berbasis model *triple helix*. Metode yang digunakan adalah kualitatif dengan pendekatan deskriptif, bertujuan menggambarkan kondisi nyata sistem litbang di Dislitbangau. Data dikumpulkan melalui wawancara, observasi, dan studi literatur, kemudian dianalisis untuk memperoleh kesimpulan dan rekomendasi terkait peningkatan efektivitas penelitian dan pengembangan produk inovasi pertahanan. Hasil penelitian diharapkan memberikan gambaran komprehensif tentang kondisi dan mekanisme litbang berbasis *triple helix*, sekaligus mendukung pengambilan kebijakan strategis untuk kemandirian alutsista TNI AU. Hasil menunjukkan bahwa kompetensi personel peneliti masih terbatas, dengan hanya 38,09% memenuhi persyaratan, sehingga diperlukan peningkatan melalui pendidikan lanjutan, sertifikasi, dan on the job training. Mekanisme pelaksanaan riset belum optimal akibat kurangnya sinergi antarinstansi, durasi kegiatan yang panjang, keterbatasan kemampuan TKT, serta sertifikasi inovasi yang bersifat internal. Regulasi yang ada juga belum mendukung kolaborasi efektif antar lembaga.

Kata Kunci: alutsista, model *triple Helix*, optimalisasi, penelitian dan pengembangan

ABSTRACT

This research aims to provide recommendations to the leadership of the Indonesian Air Force (TNI AU) by presenting alternative solutions to achieve defense equipment self-reliance through the optimization of the research and development system based on the triple helix model. The method used is qualitative with a descriptive approach, intended to depict the actual conditions of the R&D system at Dislitbangau. Data were collected through interviews, observations, and literature studies, and then analyzed to obtain conclusions and recommendations related to enhancing the effectiveness of research and the development of defense innovation products. The research results are expected to provide a comprehensive overview of the conditions and mechanisms of triple helix-based R&D, while simultaneously supporting strategic policy-making for TNI AU defense equipment self-reliance. The results indicate that the competency of research personnel remains limited, with only 38.09% meeting the requirements, necessitating improvements through further education, certification, and on-the-job training. The research implementation mechanism has not been optimal due to a lack of synergy among agencies, lengthy activity durations, limited TKT capability, and innovation certifications that are internal in nature. Existing regulations also do not support effective inter-agency collaboration.

Keywords: alutsista, *optimization*, *research and development*, Triple Helix model

*Ardhimas Wimbo Wasisto

E-mail: ardhimas.wimbo.wasisto@seskoau-mil.id

I. PENDAHULUAN

Sebagian besar alutsista TNI AU saat ini masih merupakan hasil pengadaan dari luar negeri dengan sumber yang beragam. Meskipun strategi ini dapat meningkatkan kapabilitas pertahanan secara cepat, ketergantungan terhadap teknologi asing menimbulkan risiko strategis, termasuk keterbatasan akses terhadap teknologi inti akibat ketiadaan aliansi pertahanan serta lemahnya posisi tawar Indonesia terhadap negara produsen. Kondisi ini meningkatkan potensi kerentanan, seperti ancaman embargo dan penghentian dukungan logistik maupun suku cadang. Oleh karena itu, upaya mewujudkan kemandirian alutsista menjadi kebutuhan strategis untuk mengurangi ketergantungan teknologi luar negeri sekaligus memperkuat kedaulatan pertahanan nasional.

Kemandirian alat utama sistem senjata (alutsista) TNI menjadi salah satu fokus dalam Pokok Kebijakan Umum Pertahanan Negara 2020–2024, khususnya pada aspek pertahanan militer. Kebijakan ini menekankan pembangunan pertahanan yang modern dan profesional melalui adopsi serta inovasi teknologi pertahanan, peningkatan kemandirian industri pertahanan, dan pengelolaan anggaran pertahanan sebagai bentuk investasi strategis. Investasi tersebut diwujudkan melalui pengembangan produk inovatif berupa alutsista, komponen utama maupun pendukung, serta bahan baku dalam negeri. Namun, kemampuan TNI Angkatan Udara (TNI AU) dalam menyelenggarakan penelitian dan pengembangan (litbang) secara mandiri masih terbatas karena bukan merupakan tugas utama serta keterbatasan sumber daya di Dislitbangau. Oleh karena itu, diperlukan kolaborasi antara TNI AU, perguruan tinggi, dan industri pertahanan nasional dalam suatu sistem litbang terpadu berbasis model *Triple Helix*. Dalam model ini, TNI AU berperan tidak hanya sebagai pengguna, tetapi juga sebagai sponsor dan regulator dalam pengembangan produk inovasi pertahanan (Sarjito et al., 2022).

Penerapan sistem penelitian dan pengembangan (litbang) berbasis model *Triple Helix* diharapkan mampu menciptakan sinergi antara pemerintah, akademisi, dan industri dalam memperkuat sektor industri pertahanan nasional. Sinergi tersebut bertujuan menghasilkan produk inovasi pertahanan guna mewujudkan kemandirian alutsista TNI AU sekaligus memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi nasional. Namun, sebagai *leading sector* dalam kerja sama ini, Dinas Penelitian dan Pengembangan TNI AU (Dislitbangau) masih menghadapi berbagai kendala internal dan eksternal. Secara internal, keterbatasan kompetensi personel menjadi isu utama. Peneliti Dislitbangau belum sepenuhnya memenuhi standar kompetensi nasional yang mensyaratkan latar belakang pendidikan **S2** dan keilmuan berbasis *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)* sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2012. Selain itu, mekanisme pelaksanaan litbang dari tahap perencanaan hingga evaluasi belum optimal akibat kurangnya sinergi antarinstansi, lamanya durasi penelitian, rendahnya tingkat kesiapterapan teknologi (TKT) yang masih berada pada tahap riset terapan, serta belum adanya kerja sama formal dengan perguruan tinggi. Dari sisi eksternal, ketiadaan regulasi khusus yang menjamin pelaksanaan kerja sama model *Triple Helix* masih menjadi kendala utama, meskipun keterlibatan unsur pemerintah, industri pertahanan, dan akademisi telah diatur secara umum dalam Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2012 tentang Industri Pertahanan. Kondisi ini menunjukkan perlunya penguatan regulasi, peningkatan kompetensi peneliti, dan optimalisasi mekanisme kolaboratif agar sistem litbang pertahanan berbasis *Triple Helix* dapat berjalan efektif dan berkelanjutan.

Untuk itu, optimalisasi sistem litbang berbasis *Triple Helix* dapat dilaksanakan melalui dua langkah strategis utama, yakni peningkatan standar kompetensi peneliti dan penguatan regulasi kerja sama. Peningkatan kompetensi dapat dilakukan dengan menambah alokasi **beasiswa pendidikan** bagi calon peneliti hingga jenjang **Strata 3 (S3)** dengan latar belakang STEM, baik melalui program pendidikan internal TNI AU maupun kerja sama eksternal. Dalam jangka pendek, peningkatan kemampuan dapat dilakukan melalui program *On the Job Training (OJT)* di lembaga penelitian berskala nasional guna memperluas pengalaman riset dan penguasaan teknologi.

Selain itu, diperlukan penyusunan **regulasi yang mengikat secara hukum** di antara pihak-pihak dalam sistem *Triple Helix* untuk menjamin kualitas produk, menjaga kerahasiaan inovasi, serta

memperkuat komitmen antarinstansi. Dengan demikian, optimalisasi kompetensi sumber daya manusia dan regulasi kolaboratif menjadi kunci dalam mewujudkan sistem penelitian dan pengembangan pertahanan yang efektif, berkelanjutan, dan mampu mendukung kemandirian alutsista TNI AU secara optimal.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif, yang bertujuan untuk menggambarkan kondisi nyata berdasarkan data dan informasi yang diperoleh melalui wawancara, observasi, serta studi literatur. Data tersebut dianalisis untuk menemukan solusi atau kesimpulan terkait optimalisasi sistem penelitian dan pengembangan berbasis model triple helix dalam rangka menghasilkan produk inovasi pertahanan demi mendukung kemandirian alutsista TNI AU. Pendekatan penelitian yang diterapkan adalah analisis deskriptif, dengan mengacu pada data dan fakta tentang sistem litbang berbasis triple helix yang dijalankan oleh TNI AU melalui Dislitbangau, yang berperan sebagai pengguna, sponsor, dan regulator. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara dengan narasumber, serta studi literatur, termasuk buku, tulisan ilmiah, dan peraturan perundang-undangan yang relevan, untuk dijadikan sebagai referensi penelitian.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kompetensi Personel Peneliti yang Terlibat dalam Sistem Penelitian dan Pengembangan alutsista TNI AU Berbasis Model Triple Helix guna Menghasilkan Produk Inovasi Pertahanan Secara Mandiri

Sistem penelitian dan pengembangan Dislitbangau saat ini fokus pada riset terapan untuk mendukung kesiapan operasional alutsista TNI AU, terutama dalam penyediaan bahan baku, komponen pendukung, dan komponen utama untuk pemeliharaan alutsista yang tidak lagi didukung pabrikan asal. Agar mampu menghasilkan materi serupa, mengembangkan kualitas, fungsi, atau menciptakan inovasi baru, peneliti perlu memiliki kompetensi yang meliputi pengetahuan, kemampuan, keahlian, dan sikap, serta latar belakang STEM untuk melaksanakan penelitian dan proses system engineering.

Selain itu, TNI AU diharapkan tidak hanya menjadi pengguna dan sponsor, tetapi juga regulator yang mengoptimalkan potensi Dislitbangau, Industri Pertahanan, dan perguruan tinggi. Optimalisasi organisasi Dislitbangau, termasuk jumlah dan kualitas personel, penting agar beban kerja terdistribusi merata. Pemenuhan jumlah personel saja tidak cukup; kompetensi peneliti yang ideal mencakup pengetahuan, kemampuan, keahlian, dan sikap. Pengetahuan STEM menjadi dasar pengembangan kemampuan, pengalaman, keahlian, dan sikap profesional untuk meningkatkan efektivitas penelitian dan pengembangan materiel.

Personel Dislitbangau yang kompeten mampu bekerja sama dengan teknisi dan peneliti perguruan tinggi untuk menghasilkan, memodifikasi, atau mengembangkan alutsista dan peralatannya. Namun, latar belakang STEM saja tidak cukup. Berdasarkan UU No. 23 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi, peneliti yang sah untuk penelitian ilmiah minimal berlatar pendidikan S2, dengan kompetensi penerapan, pengembangan, penalaran, dan penelitian ilmiah. Lulusan S3 memiliki kemampuan tambahan dalam inovasi dan penemuan. Dengan demikian, kualitas personel yang terlibat dalam penelitian dan pengembangan materiel alutsista TNI AU, baik dari Dislitbangau, Industri Pertahanan, maupun perguruan tinggi, minimal setara lulusan S2.

Kompetensi peneliti Dislitbangau saat ini belum optimal, baik dari segi jumlah maupun kualitas. Sebagai *leading sector* penelitian dan pengembangan berbasis model *triple helix*, Dislitbangau harus memiliki sumber daya manusia yang memadai di tingkat manajerial maupun pelaksana, khususnya peneliti. Keterbatasan jumlah peneliti berlatar STEM S2/S3 membuat pemenuhan personel dari militer sulit, karena rotasi jabatan dan durasi pendidikan. Oleh karena itu, optimalisasi kuantitas dapat dilakukan melalui TOA/TOD dan memanfaatkan tenaga dari industri pertahanan, perguruan tinggi, atau BRIN.

Kualitas peneliti perlu ditingkatkan melalui program beasiswa S2/S3, penyetaraan keahlian berbasis KKNI, dan kegiatan Transfer of Technology (ToT) atau On the Job Training. Motivasi pribadi dapat diperkuat dengan penerapan sistem reward and punishment, termasuk insentif, promosi, kesempatan pendidikan, atau teguran bagi kinerja kurang optimal. Penempatan perwira sebagai peneliti menghadapi kendala karena durasi jabatan yang terbatas dan fokus pada kepemimpinan serta manajerial. Oleh karena itu, PNS Kemhan yang memenuhi kualifikasi sebaiknya menduduki jabatan fungsional peneliti, sementara perwira berperan sebagai koordinator manajerial, memastikan kesinambungan penelitian dan pengembangan materiel. Dengan strategi ini, Dislitbangau dapat mengoptimalkan sumber daya manusia untuk menghasilkan penelitian dan inovasi materiel alutsista TNI AU yang berkualitas, berkesinambungan, dan sesuai kebutuhan operasional.

Mekanisme Sistem Penelitian dan Pengembangan Berbasis Model Triple Helix guna Menghasilkan Produk Inovasi Pertahanan Secara Mandiri

Dislitbangau melaksanakan penelitian dan pengembangan (litbang) materiel alutsista TNI AU berdasarkan pedoman resmi Kepala Staf Angkatan Udara, dengan tujuan utama meningkatkan kemandirian alutsista dan mengurangi ketergantungan pada produk luar negeri. Pendekatan yang digunakan adalah *system engineering dengan V-Model*, dan mekanismenya mengadopsi *model triple helix*, yakni kolaborasi antara TNI AU, industri pertahanan, dan perguruan tinggi. Kegiatan litbang dilaksanakan melalui empat tahap: **perencanaan** (identifikasi masalah, analisis kebutuhan dan kelayakan), **persiapan** (pembentukan organisasi, administrasi, dan proses engineering), **pelaksanaan** (realisasi rancangan, integrasi, dan uji coba pengembangan), dan **pengakhiran** (uji coba operasional, sertifikasi, dan penyusunan standar teknis). Setiap tahap menekankan verifikasi dan validasi untuk memastikan materiel sesuai persyaratan operasional. Meskipun mekanisme ini memungkinkan inovasi pertahanan secara mandiri, Dislitbangau menghadapi tantangan signifikan berupa keterbatasan **personel, sarana-prasarana, dan Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT)**. Oleh karena itu, kerja sama eksternal dengan industri dan akademisi menjadi sangat krusial untuk optimalisasi litbang materiel TNI AU.

Dislitbangau sebagai penyelenggara penelitian dan pengembangan materiel TNI AU melaksanakan kegiatan berbasis model triple helix dengan melibatkan TNI AU sebagai regulator, pengguna, dan sponsor, serta bekerja sama dengan industri pertahanan dan perguruan tinggi. Pada **tahap perencanaan**, Dislitbangau diharapkan dapat melakukan identifikasi masalah secara proaktif, mendeteksi permasalahan satuan sejak dini, dan menentukan prioritas masalah yang layak ditindaklanjuti dalam kurun waktu kurang dari dua tahun. Analisis kebutuhan dan kelayakan dilakukan untuk memastikan permasalahan yang dipilih dapat menghasilkan solusi penelitian yang efektif. Selanjutnya, pada **tahap persiapan**, Dislitbangau membuka kerja sama melalui MoU atau perjanjian kerja sama dengan industri pertahanan maupun perguruan tinggi yang berkompeten. Pada tahap ini juga dilakukan pembentukan organisasi pelaksana, peningkatan kemampuan personel, dan peningkatan Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT) Dislitbangau dari level enam menjadi minimal level tujuh agar mampu melakukan riset pengembangan untuk menghasilkan inovasi teknologi pertahanan.

Pada **tahap pelaksanaan**, proses engineering kegiatan penelitian dan pengembangan dijalankan secara optimal dengan memanfaatkan sumber daya yang ada, termasuk sarana, prasarana, dan kemampuan personel. Kegiatan ini mencakup fabrikasi, coding atau pemrograman, integrasi, serta uji coba pengembangan materiel dari tingkat komponen terkecil hingga sistem terintegrasi. Kolaborasi dengan industri pertahanan dan perguruan tinggi sangat penting untuk mendukung proses ini, mengingat keterbatasan sarana dan kemampuan internal Dislitbangau. Terakhir, pada **tahap pengakhiran**, materiel yang telah dikembangkan diuji secara operasional, disertifikasi, dan disusun Standar Spesifikasi Teknik (SST) maupun Standar Spesifikasi Penerimaan (SSP) sebagai pedoman produksi dan penerimaan materiel. Selain TNI AU dan Kemhan, keterlibatan otoritas sertifikasi nasional diharapkan dapat meningkatkan obyektivitas, kualitas, dan kepercayaan terhadap produk inovasi pertahanan yang dihasilkan. Secara keseluruhan,

mekanisme ini mencerminkan penerapan V-Model system engineering dengan alur normatif yang berfokus pada efektivitas, efisiensi, dan kemandirian penelitian serta pengembangan materiel TNI AU.

Dislitbangau melaksanakan mekanisme sistem penelitian dan pengembangan materiel berbasis model triple helix melalui empat tahap utama: perencanaan, persiapan, pelaksanaan, dan pengakhiran. Pada tahap perencanaan, Dislitbangau bersinergi dengan Koharmatau dan Mabesau untuk mendeteksi permasalahan materiel alutsista secara dini melalui inventarisasi rutin, rapat koordinasi, seminar, dan FGD. Dengan cara ini, identifikasi masalah dapat dipadatkan sehingga tahapan perencanaan yang biasanya berlangsung dua tahun dapat diselesaikan dalam satu tahun. Tahap persiapan mencakup penyusunan Perjama dan organisasi pelaksana penelitian yang melibatkan industri pertahanan dan perguruan tinggi, sehingga dapat memanfaatkan fasilitas penelitian, tenaga ahli tambahan, serta transfer of technology untuk meningkatkan kompetensi personel Dislitbangau.

Tahap pelaksanaan menekankan kolaborasi antara Dislitbangau, industri pertahanan, dan akademisi untuk proses engineering materiel, dengan pemanfaatan sarana dan prasarana bersama guna meningkatkan efisiensi dan kualitas produk. Pada tahap pengakhiran, sertifikasi menjadi penentu kelaikan dan mutu produk inovasi pertahanan. Selain sertifikasi internal TNI AU dan Kemhan, keterlibatan Badan Standardisasi Nasional (BSN) menjamin standar teknis, akreditasi laboratorium uji, dan harmonisasi standar internasional, sehingga produk inovasi pertahanan Indonesia dapat diterima secara luas, meningkatkan insentif industri pertahanan, dan memperkuat daya saing nasional maupun global.

Regulasi Sistem Penelitian Dan Pengembangan Berbasis Model Triple Helix yang Dapat Menjamin Terwujudnya Produk Inovasi Teknologi Pertahanan Dalam Rangka Mewujudkan Kemandirian alutsista TNI AU

Berdasarkan kelemahan regulasi yang ada saat ini dan kondisi yang diharapkan untuk mengoptimalkan sistem penelitian dan pengembangan yang diselenggarakan Dislitbangau, terdapat beberapa upaya yang dapat dilakukan. Pertama, optimalisasi regulasi internal TNI AU perlu dilakukan karena kemampuan penelitian dan pengembangan TNI AU belum tercantum secara jelas dalam doktrin Swa Bhuwana Paksa, sehingga dapat menimbulkan perdebatan dalam penjabaran stratifikasi doktrin di bawahnya. Padahal, penelitian dan pengembangan selalu dilaksanakan dalam berbagai kegiatan TNI AU, baik materiel maupun non-materiel, termasuk pada latihan operasi militer yang memerlukan evaluasi dan revisi dari hasil supervisi. Dengan pengkajian ulang doktrin untuk menambahkan kemampuan penelitian dan pengembangan, Dislitbangau dapat meningkatkan kapasitasnya, tidak hanya untuk mendukung pemeliharaan suku cadang yang usang atau tidak diproduksi pabrikan asal melalui riset terapan, tetapi juga untuk melaksanakan riset pengembangan guna menghasilkan produk inovasi. Alternatifnya, apabila Dislitbangau hanya difokuskan untuk mendukung pemeliharaan, perlu dilakukan validasi organisasi dengan mengintegrasikan Dislitbangau ke dalam Koharmatau, sehingga seluruh proses pemeliharaan materiel, mulai dari identifikasi masalah hingga penanganan, dapat difasilitasi dalam satu atap, sehingga penggunaan anggaran, sumber daya, dan waktu menjadi lebih efektif dan efisien.

Kedua, regulasi kerja sama yang optimal juga sangat diperlukan untuk mendukung penyelenggaraan sistem penelitian dan pengembangan berbasis model triple helix. Regulasi ini harus mampu menciptakan kerja sama yang kondusif dan berkelanjutan antara TNI AU, industri pertahanan, dan perguruan tinggi, sehingga mendukung perkembangan industri pertahanan nasional secara mandiri. Produk inovasi pertahanan yang dihasilkan diharapkan tidak hanya memenuhi kebutuhan sektor pertahanan, tetapi juga dapat menembus pasar global. Dalam konteks ini, koordinasi dengan Komite Kebijakan Industri Pertahanan (KKIP) menjadi penting, karena menurut Keputusan Presiden Nomor 59 Tahun 2013, KKIP memiliki tugas strategis seperti menetapkan kebijakan industri pertahanan, mengoordinasikan kerja sama internasional, melakukan pemantauan dan evaluasi, menyusun rencana induk jangka panjang, menetapkan

standar produk, serta mengatur pemenuhan kebutuhan alat pertahanan. Dengan regulasi yang disinergikan melalui KKIP, kegiatan penelitian dan pengembangan alutsista dapat diawasi dan dievaluasi secara menyeluruh, sehingga proses perencanaan, persiapan, pelaksanaan, dan pengakhiran dapat berjalan sinergis, serta menghindari duplikasi atau tumpang tindih kegiatan di lapangan.

IV. KESIMPULAN

Sistem penelitian dan pengembangan TNI AU melalui Dislitbangau, yang berbasis model *triple helix* melibatkan pemerintah, industri pertahanan, dan perguruan tinggi, bertujuan mendukung kesiapan operasional alutsista dan pengembangan produk inovasi pertahanan. Meskipun telah berjalan, sistem ini masih perlu dioptimalkan karena kompetensi personel peneliti yang terbatas, mekanisme kerja sama yang belum sinergis, dan regulasi yang belum memadai. Upaya optimalisasi mencakup peningkatan kuantitas dan kualitas peneliti melalui pendidikan, sertifikasi, dan program OJT; penyempurnaan mekanisme penelitian mulai dari identifikasi masalah hingga sertifikasi produk nasional; serta penguatan regulasi internal dan nasional yang mendukung koordinasi, kolaborasi, dan sertifikasi produk inovasi pertahanan. Dengan langkah-langkah tersebut, Dislitbangau dapat meningkatkan kemampuan penelitian dan pengembangan, mendukung kemandirian alutsista TNI AU, memperkuat industri pertahanan nasional, dan memberikan kontribusi terhadap perekonomian melalui pemasaran produk inovasi.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Staf dan Komando Angkatan Udara (Seskoau) atas dukungan fasilitas penelitian, serta kepada Pusat Litbang Teknologi Pertahanan Udara atas dukungan data teknis dan konsultasi ilmiah.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Hirshorn, S. R., Voss, L. D., & Bromley, L. K. (2017). *NASA Systems Engineering Handbook*. Washington DC: NASA.
- Indonesia, P. (2012). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2012 tentang Industri Pertahanan.
- Irwanto, H. Y., Mariani, L., & Sarjito, A. (2022). Evaluasi Industri Pertahanan Dalam Rangka Kemandirian Alutsista Dengan Bercermin Pada Industri Pertahanan Negara Maju. *Jurnal Lemhannas RI* Vol 10 No 1, 1-9.
- Kasau. (2021, Desember 21). Keputusan Kepala Staf Angkatan Udara Nomor Kep/453/XII/2021 tanggal 21 Desember 2021 tentang Petunjuk Penyelenggaraan Penelitian dan Pengembangan Materiel. TNI AU.
- Kasau. (2022, Desember 2). Keputusan Kepala Staf Angkatan Udara Nomor Kep/439/XII/2022 tanggal 2 Desember 2022 tentang Petunjuk Penyelenggaraan Pemeliharaan Peralatan Sistem Avionik. TNI AU.
- Shamieh, C. (2012). *System Engineering for Dummies*. Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc.
- Susdarwono, E. T. (2020). Pokok-pokok pikiran Mengenai Pembangunan Kemandirian Industri Pertahanan Indonesia Dalam Undang-Undang nomor 16 Tahun 2012 Tentang Industri Pertahanan. *Jurnal Ius Constituendum*, Vol 5, No 1, 111-139.
- Tandeilin, E. (2005). Employee Empowerment Based on Competency. *Jurnal Manajemen dan Bisnis* Vol. 3, 22-30.