

ANALISIS MULTIPLIER EFFECT TEKNOLOGI SIMULATOR PESAWAT TEMPUR GENERASI 4.5 GUNA Mendukung SISTEM PERTAHANAN NEGARA

MULTIPLIER EFFECT ANALYSIS OF SIMULATOR TECHNOLOGY FIGHTER AIRCRAFT 4.5 GENERATION FOR SUPPORTING NATIONAL DEFENSE SYSTEM

Faishal Irfan¹, Romie Oktovianus Bura², Heri Yansyah³

Universitas Pertahanan
faishalifan@yahoo.co.id

Abstrak – Salah satu prinsip yang digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan industri pertahanan yaitu kemandirian, kemandirian dalam industri pertahanan bertepatan dengan perkembangan fondasi yang kuat untuk mempertahankan keberlanjutan dan mencegah runtuhnya suatu negara, Indonesia dan Korea Selatan pada tahun 2009 menandatangani kerja sama berkaitan dengan pengembangan pesawat tempur, dalam proses akuisisi teknologi pertahanan, ketersediaan teknologi adalah persyaratan utama dalam pembangunan, namun dalam perkembangannya sering kali terdapat permasalahan seperti lisensi teknologi, terutama *critical technology elements* (CTE) yang merupakan teknologi kunci yang memainkan peranan penting dalam pengembangan teknologi. Teknologi simulator adalah salah satu teknologi kunci yang digunakan dalam berbagai aspek penerbangan, selain itu dibutuhkan sebuah sosialisasi terkait manfaat dan effect dari pengembangan proyek pesawat tempur. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis *multiplier effect*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *mixed-method based* dengan menggunakan tools *PEST analysis* yang diilustrasikan dengan *PESTLEweb* yang mana kemudian dijadikan referensi strategi pengembangan teknologi simulator pesawat tempur generasi 4.5, Hasil studi menunjukkan terdapat beberapa efek yang ditimpulkan dari adanya pengembangan teknologi simulator baik dalam bidang politik, ekonomi, social, maupun teknologi yang dapat menukung kemandirian industry pertahanan dan *multiplier effect* dari pengembangan teknologi terhadap bidang lain.

Kata Kunci: *Critical Technology Elements, Multiplier effect, Pesawat Tempur Generasi 4.5, PEST Analysis, Teknologi Simulator*

Abstract – One of the principles used as a reference in the implementation of the defense industry is self-reliance, self-reliance coincide with the development of a strong foundation to maintain sustainability and prevent the collapse of a country, Indonesia and South Korea in 2009 signed a cooperation relating to the development of fighter aircraft, in the acquisition of defense technology, the availability of technology is a major requirement in development, but in its development there are often problems such as technology licensing, especially *critical technology elements* which are key technologies that play an important role in technology development. Simulator technology is one of the key technologies that are used in various aspects of aviation, in addition it requires a socialization related to benefits and effects of fighter aircraft project. The purpose of this study to analyze the multiplier effect. The method used in this research is a mixed-method based using *PEST analysis* tools illustrated with *PESTLEweb* which then becomes a reference for the strategy of developing a 4.5 generation fighter simulator. politics, economy, social, and technology that can support the self-reliance of the defense industry and the multiplier effect of developing technology in other fields

¹ Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan

² Program Studi Teknologi Daya Gerak, Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan

³ PT Dirgantara Indonesia (Persero)

Keywords: *Critical Technology Elements, Fighter Aircraft 4.5 Generation, Multiplier effect, PEST Analysis, Simulator Technology*

Pendahuluan

Menurut Undang-Undang No. 3 Tahun 2002 tentang Pertahanan Negara⁴, penyelenggaraan pertahanan negara Indonesia menganut Sistem Pertahanan Semesta yang melibatkan seluruh warga negara, wilayah, serta segenap sumber daya nasional. Pembudayaan nilai luhur Pancasila harus diupayakan dari pengalaman nilai luhur Pancasila di berbagai bidang kehidupan⁵, Menurut Buku Putih Pertahanan⁶, Agar penyelenggaraan fungsi pertahanan dapat terlaksana secara baik dan efektif sesuai dengan nilai-nilai bangsa yang merdeka dan berpaham demokrasi, maka dibutuhkan suatu pedoman yang dapat dijadikan acuan penyelenggara pertahanan agar dapat dipahami dengan baik yang kemudian ditunjukkan dengan pola tindakan dalam mewujudkan tegaknya Negara Kesatuan Republik Indonesia yang berdasarkan Pancasila dan Undang-Undang Dasar 1945.

Landasan Pembangunan Industri Pertahanan mempunyai sifat khusus

antara lain merupakan bagian dari sistem pertahanan dan pembangunan industri pertahanan, Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2012 tentang Industri Pertahanan menimbang bahwa pengembangan industri pertahanan merupakan bagian terpadu dari perencanaan strategis pengelolaan sumber daya nasional untuk kepentingan pertahanan dan keamanan negara, selain itu bahwa ketersediaan alat peralatan pertahanan dan keamanan selama ini belum didukung oleh kemampuan industri pertahanan secara optimal sehingga menyebabkan ketergantungan terhadap produk alat peralatan pertahanan dan keamanan dari luar negeri.

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi banyak mempengaruhi pertahanan negara. Berkaca dari hal ini, Indonesia melakukan pengembangan teknologi pertahanan yang dimaksudkan untuk membangun kemampuan dan menghasilkan Alat Peralatan Pertahanan dan Keamanan (Alpalhankam) yang unggul. Sistem pertahanan Indonesia yang menyangkut Alpalhankam menjadi

⁴ Undang Undang No 16 Tahun 2012 tentang Industri Pertahanan

⁵ Amiro Asmaroini. "Menjaga Eksistensi Pancasila Dan Penerapannya Bagi Masyarakat di Era Globalisasi", *JPK: Jurnal Pancasila dan Kewarganegaraan* vol. 1, 2017, hlm 50-64

⁶ Kementerian Pertahanan. *Buku Putih Pertahanan*

agenda utama dalam menyempurnakan kekuatan postur pertahanan Indonesia dalam menghadapi berbagai potensi ancaman yang akan muncul⁷.

Berdasarkan roadmap Industri Pertahanan, Terdapat 7 Program prioritas Alutsista terkait tahapan membangun kemandirian Industri Pertahanan salah satunya adalah pesawat tempur. Indonesia dan Korea Selatan pada tahun 2009 telah menandatangani kerja sama *joint development* terkait pengembangan pesawat tempur, dalam proyek tersebut PT. Dirgantara Indonesia (Persero) memiliki peran sebagai lead integrator, tujuan dari *joint development* yaitu untuk membangun kerja sama strategis dan melaksanakan program *Transfer of Technology*. Kerja sama strategis memegang peran yang sangat besar dalam pengembangan teknologi tinggi, kerja sama strategis digunakan sebagai akses terhadap sumber daya, kapabilitas, dan ilmu pengetahuan⁸.

Program *joint development* merupakan salah satu program nasional dalam bidang pertahanan, program ini

telah ditetapkan oleh Komite Kebijakan Industri Pertahanan (KKIP). Tujuan program *joint development* pesawat tempur adalah untuk membangun kemandirian pertahanan khususnya industri pertahanan melalui peningkatan kemampuan teknologi pertahanan.

Proyek pesawat tempur merupakan proyek yang baru dan pertama bagi Indonesia, selain itu terdapat disparitas yang cukup besar antara teknologi Indonesia dan Korea, di mana Korea sudah berpengalaman dalam pengembangan pesawat tempur, seperti pengembangan T-50 dan lainnya, permasalahan terkait kesiapterapan teknologi harus ditingkatkan agar sejalan dengan tingkat kesiapan industri, apabila tidak segera dilakukan, dapat berdampak pada pelaksanaan pengembangan pesawat tempur generasi 4.5.⁹

Peningkatan kemampuan teknologi didasarkan pada acuan tahapan penguasaan yang dinamakan *Technology readiness level* (TRL), definisi, mekanisme, dan pengukuran TRL salah satunya terdapat pada Permenristekdikti nomor

⁷ A. Yahya. *Bambu Runcing dan Mesiu: Masalah Kebijakan Pembinaan Pertahanan Indonesia*, (Yogyakarta: Tiara Wacana, 2008)

⁸ Carolin Häussler & Holger Patzelt. "Strategic Alliances and Product Development in High Technology New Firms: The Moderating Effect of Technological Capabilities. *Frontiers of*

Entrepreneurship Research", *Journal of Business Venturing*, vol 27, 2012, hlm 217-233

⁹ Bilqis Salsabiela. *Risk Assesment Pengembangan Pesawat empur KFX/IFX pada Kerjasama Joint Development antara Indonesia dengan Korea Selatan* (Tesis Magister), (Bogor, Universitas Pertahanan, 2017)

42 tahun 2016¹⁰ menerangkan definisi tahapan dan penguasaan riset dan teknologi pada suatu Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT). Menurut, *Critical technology element (CTE)* merupakan teknologi kunci yang memegang peran penting dalam suatu pengembangan teknologi. CTE tidak dapat terlepas dari TRL, TRL merupakan suatu metode untuk memperkirakan kematangan sebuah CTE selama proses akuisisi teknologi¹¹

Dalam proses akuisisi teknologi pertahanan, ketersediaan teknologi menjadi syarat utama dalam pengembangan, namun pengembangan pesawat tempur memiliki permasalahan utama yaitu lisensi teknologi, di mana saat ini pihak Amerika Serikat belum memberikan persetujuan terhadap beberapa *Critical technology elements (CTE)* untuk pengembangan pesawat tempur. Terdapat beberapa aspek dikaitkan dengan pencapaian akuisisi melalui kerja sama strategis, antara lain teknologi, yang meliputi penguasaan integrasi sistem, senjata dan bidang *avionic & sensor*, pada aspek produksi

yaitu penguasaan teknologi *advance material* seperti titanium dan komposit, dan penguasaan proses produksi teknologi tinggi¹².

Teknologi simulator pesawat tempur merupakan salah satu teknologi kunci yang digunakan di berbagai aspek penerbangan Simulator digunakan untuk mensimulasikan kondisi sebenarnya seperti *physical system, layout, lingkungan dll*¹³. Fungsi dan manfaat dari simulator antara lain *flight training, desain pengembangan pesawat, riset karakteristik pesawat, dan kualitas control handling*. Saat ini teknologi simulator yang dikembangkan merupakan simulator yang didasarkan pada pesawat komersil, di mana terdapat perbedaan antara simulator pesawat komersil dan pesawat tempur seperti sistem persenjataan dan lain-lain. Menurut, Teknologi simulator perang elektronika TNI masih tertinggal, Peralatan perang elektronika di kondisinya sangat memprihatinkan.

¹⁰ Permenristekdikti No 42 tahun 2016

¹¹ *Department of Defense (DoD) Technology Readiness Assessment (TRA)*

¹² *Federal Aviation Administration (FAA)* dalam dokumen *FAR 121 Subpart Training Program*.

¹³ B.P. Shashidara & R. Chandrasekaran. "Development of a Full Mission Simulator for Pilot Training of Fighter Aircraft". *Defence Science Journal*, vol 68(5), 2018, hlm 425-431

Selain jumlahnya yang terbatas, teknologi dalam simulator jauh tertinggal¹⁴.

Proyek pengembangan pesawat tempur generasi 4.5 merupakan proyek nasional dan proyek strategis pemerintah Republik Indonesia, diharapkan proyek tersebut dapat memberikan dampak yang sangat besar pada kemampuan pertahanan Indonesia. Menurut teori Kepentingan Nasional dirumuskan kepentingan nasional dalam empat poin inti, dapat diartikan bahwa kepentingan nasional dalam pengembangan Alpalhankam adalah terkait kepentingan dalam bentuk *Defense Interest* dan *Economic Interest*, dalam hal ini dapat mengacu pada kepentingan bagi Indonesia dalam bidang ekonomi berupa tambahan nilai secara ekonomi¹⁵

Pada sisi ekonomi terdapat pokok permasalahan terkait ekonomi pada pengembangan pesawat tempur bagi Indonesia, yaitu ketersediaan anggaran dan kurangnya koordinasi antar Kementerian dan Lembaga yang

mengakibatkan adanya penundaan dan keterlambatan pada progres dari perkembangan, oleh karenanya dibutuhkan sebuah sosialisasi terkait manfaat dan *effect* dari pengembangan proyek pesawat tempur¹⁶. *Multiplier effect* atau efek pengganda merupakan sebuah analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui besar pengaruh ekonomi yang ditimbulkan¹⁷. Diharapkan kematangan teknologi dan produksi pesawat tempur nasional dapat memberikan *multiplier effect* untuk industri dalam negeri khususnya teknologi simulator, di mana salah satu dampaknya adalah teknologi simulator dapat digunakan oleh berbagai pihak baik pihak user dalam hal ini TNI, industri, pemerintah, maupun institusi pendidikan.

Identifikasi permasalahan dalam pengembangan pesawat tempur generasi 4.5 diarahkan pada Penentuan strategi pengembangan salah satu teknologi pesawat tempur yaitu teknologi simulator yang didasarkan pada

¹⁴ Kolonel (Pnb) M Mukhsan "Pusdiklat Hanudnas Minta Kemhan Ganti Perangkat Simulasi Perang" <https://www.antaranews.com/berita/941547/pusdiklat-hanudnas-minta-kemhan-ganti-perangkat-simulasi-perang>, 14 Juli 2019, diakses 12 Februari 2020

¹⁵ Alfita Wulandari, "Kepentingan Indonesia Bekerjasama dengan Turki dalam Industri Pertahanan (Studi Kasus: Pembuatan Tank

Medium)", *JOM FISIP Universitas Riau*. Vol 4 No 2, 2017, hlm 1-12

¹⁶ Bilqis Salsabiela, *Risk Assesment Pengembangan Pesawat empur KFX/IFX pada Kerjasama Joint Development antara Indonesia dengan Korea Selatan* (Tesis Magister) (Bogor: Universitas Pertahanan, 2017)

¹⁷ Diky Suseno "Multiplier effect Sektor Basis Terhadap Perekonomian Daerah Provinsi Jawa Tengah", *Jurnal Riset Ekonomi Pembangunan* Vol 2 No 1, 2017

tujuan diadakannya program joint development, antara lain Kondisi Indonesia sebagai pihak pengembang yang baru pertama kali memulai proyek pesawat tempur, di mana terdapat disparitas terkait penguasaan *Technology readiness level* (TRL) dan dibutuhkan sebuah sosialisasi terkait manfaat dan effect dari pengembangan proyek pesawat tempur.

Berdasarkan uraian di atas dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini antara lain bagaimana mengidentifikasi *multiplier effect* dari pengembangan teknologi simulator bagi industri pertahanan?

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian pengembangan teknologi simulator pesawat tempur generasi 4.5 dan *multiplier effect* ini Menganalisis *multiplier effect* dari pengembangan teknologi simulator bagi industri pertahanan.

Metode Penelitian

Dasar metode penelitian yang digunakan pada penelitian berdasarkan langkah penelitian didasarkan pada identifikasi

permasalahan riset, me-review literatur, menentukan tujuan riset, pengumpulan data analisis dan interpretasi data dan laporan dan evaluasi riset¹⁸.

Identifikasi permasalahan ditekankan kepada permasalahan terkait kemampuan Indonesia dalam penguasaan teknologi pesawat tempur di mana tingkat *Technology readiness level* (TRL) masih terdapat disparitas dengan negara pengembang lainnya yang terlibat joint development yaitu Korea Selatan, Bagi Indonesia, pengembangan pesawat tempur merupakan hal yang baru dan pertama kali dilakukan¹⁹, penelitian ini berfokus dampak yang diakibatkan dari adanya pengembangan teknologi simulator, aspek permasalahan lain khususnya bidang ekonomi, yang mana aspek tersebut sering kali menjadi penghambat dalam pengembangan pesawat tempur, kajian berupa analisis pengembangan *multiplier effect* pada pengembangan teknologi simulator menjadi dasar dari pemilihan metode yang digunakan.

Berdasarkan hal tersebut, metode yang digunakan adalah kualitatif dengan

¹⁸ John W. Cresswell, *Educational Research Planning, Conduction and Evaluating Quantitative and Qualitative Research* (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012).

¹⁹ Bilqis Salsabiela, *Risk Assesment Pengembangan Pesawat empur KFX/IFX pada Kerjasama Joint Development antara Indonesia dengan Korea Selatan* (Tesis Magister) (Bogor: Universitas Pertahanan, 2017)

pendekatan *system engineering*, *System engineering* memberikan sebuah solusi desain dan memprediksi dari sebuah teknologi yang akan di analisa²⁰.

Selain itu terdapat aspek permasalahan lain khususnya bidang ekonomi, di mana aspek tersebut sering kali menjadi penghambat dalam pengembangan pesawat tempur²¹, kajian berupa analisis pengembangan *multiplier effect* dapat dijadikan sosialisasi terkait efek pengganda dari salah satu proyek nasional ini.

Aspek analisis penentuan strategi dan aspek *multiplier effect* dilakukan pendekatan kualitatif, didasarkan pada pendekatan yang terdapat sebuah interpretasi dari narasumber, pertanyaan umum dan meluas, dll., penelitian kualitatif adalah penelitian menggunakan latar belakang ilmiah, dengan tujuan agar menerjemahkan fenomena menggunakan metode-metode yang tersedia. Berdasarkan maka pengumpulan data dilakukan berdasarkan metode kualitatif dilakukan dengan melakukan observasi, wawancara,

dan dokumentasi yang kemudian dilakukan analisis dengan metode *PEST analysis* melalui beberapa acuan antara lain pada bidang Politik, Ekonomi, Sosial, dan Teknologi

. Observasi merupakan kegiatan mengamati dan mencatat sebuah kejadian yang diselidiki, merupakan sebuah pengumpulan data yang dilakukan secara disengaja. Observasi dilakukan dengan melihat dan mengobservasi melalui berbagai cara, salah satunya adalah dengan melakukan kunjungan ke lokasi penelitian dll. Wawancara merupakan sebuah percakapan atau pembicaraan dengan maksud tertentu dan dilakukan antara pihak pewawancara dan yang diwawancara²², metode wawancara yang digunakan adalah wawancara terstruktur dengan berisikan daftar pertanyaan yang terkait dengan tujuan penelitian.

Pada tahapan *Multiplier effect*, Teknik analisis dilakukan berdasarkan

²⁰ G.P. Farnell, A.J. Saddington, & L.J. Lacey, "A new systems engineering structured assurance methodology for complex systems Reliability Engineering & System Safety" vol 183, 2019, hlm 298-310

²¹ Bilqis Salsabiela, Risk Assesment Pengembangan Pesawat empur KFX/IFX pada

Kerjasama Joint Development antara Indonesia dengan Korea Selatan (Tesis Magister) (Bogor: Universitas Pertahanan, 2017).

²² Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Mixed Method*. (Bandung: Alfabeta, 2017)

langkah metode *PEST analysis*²³²⁴. Dalam langkah analisis data, data didapatkan dari berbagai sumber seperti wawancara, group discussion, materi perkuliahan, teori, hingga sumber lain seperti media masa dan lain-lain.

Tahap pengerjaan *PEST analysis* adalah dengan melakukan pengumpulan data menggunakan metode wawancara dan group discussion dengan pihak PT. Dirgantara Indonesia (Persero) terkait dengan pengembangan simulator pesawat tempur generasi 4.5, kemudian data dianalisis berdasarkan aspek Politik, Ekonomi, Sosial, dan Teknologi, kemudian data dinilai berdasarkan tingkat pengaruh pada organisasi. Hasil diilustrasikan dalam bentuk *PESTLEweb* dengan mengeliminasi faktor *Law* dan *Environment*, metode *PESTLEweb* merupakan metode grafis yang dikembangkan *Henley Business School* yang mampu menampilkan hasil yang lebih logis dengan ilustrasi²⁵.

Hasil dan Pembahasan

²³ Lawrence P. Carr; Alfred J. Nanni Jr. *Delivering Results: Managing What Matters*. (Springer Science & Business Media, 2009)

²⁴ Gerardus Blokdyk, *PEST Analysis: Standard Requirements* (CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018)

Indonesia masih sangat minim dalam hal pengembangan teknologi pertahanan, upaya Indonesia dalam mengembangkan teknologi pesawat tempur merupakan upaya awal dari kemandirian industri pertahanan, PT. Dirgantara Indonesia (Persero) belum pernah mengembangkan teknologi pesawat tempur, upaya pengembangan pesawat tempur menunjukkan bahwa negara Indonesia semakin berkepentingan dalam peran rantai pasok global yang menunjukkan bahwa Indonesia sedang beradaptasi dalam globalisasi Industri Pertahanan²⁶.

Pengembangan pesawat tempur didasarkan pada tujuan dari pengembangan pesawat tempur bagi Indonesia antara lain:

- Memenuhi kebutuhan alutsista berdasarkan *operational requirements* user
- Membangun kemandirian pengadaan pesawat tempur
- Meningkatkan kemampuan industri pertahanan

²⁵ Collins, Rob "A Graphical Method for Exploring the Business Environment" 19 June 2014, diakses 16 Desember 2019

²⁶ Semmy Tyar Armandha & Arwin Sumari "Ekonomi Politik Kerjasama Korea Selatan - Indonesia dalam Joint Development Pesawat Tempur KFX/IFX", *Global Strategis* vol 10, no 1, 2017

- Meningkatkan efek gentar
- Meningkatkan ekonomi bangsa melalui ekspor teknologi militer

Strategi percepatan penguasaan teknologi pesawat tempur di antaranya melalui *transfer of technology*, program *transfer of technology* akan mempermudah Indonesia dalam memproduksi pesawat tempur dan teknologinya di masa yang akan datang, dikarenakan penguatan penguasaan teknologi akan mampu memberikan *multiplier effect* pada industri²⁷.

Indonesia saat ini belum mencapai kemandirian dalam Industri Pertahanan, sering kali pengadaan didasarkan pada mekanisme impor dari luar negeri, pengadaan tersebut memiliki beberapa permasalahan bagi Indonesia, antara lain teknologi yang dimiliki belum didasarkan pada kebutuhan pengguna, terdapat perbedaan kondisi, letak geografis, potensi ancaman dan lain-lain, selain itu teknologi tersebut sering kali belum seluruhnya memenuhi dan menggunakan syarat berupa Operational Requirement

dan Spesifikasi Teknis yang ditetapkan TNI²⁸.

Berdasarkan latar belakang penulisan ini, permasalahan terkait Lisensi dan *Qualification & Approval* merupakan salah satu permasalahan yang menghambat perkembangan proyek pesawat tempur generasi 4.5, di mana terdapat beberapa teknologi yang belum didapatkan saat ini. Salah satu di antara teknologi kunci pengembangan pesawat tempur adalah teknologi *flight simulator*, Saat ini di Indonesia terdapat beberapa pengembang simulator swasta yang berada di berbagai kota di Indonesia seperti Bandung, dan Surabaya, Namun dalam hal ini Indonesia masih belum dapat dikatakan mandiri dalam pengembangannya, dikarenakan belum dikuasanya teknologi pengembangan *software* seperti *flight control law* yang dibutuhkan dalam simulasi manuever pesawat tempur, selain itu berbagai macam komponen merupakan komponen impor dari luar negeri.

Flight simulator mempunyai beberapa tipe terkait dengan tujuan pengembangannya, antara lain *simulator*

²⁷ Gilang Afiff (2016) "Kepentingan Indonesia Melakukan Kerjasama Militer dengan Korea Selatan dalam Pengembangan Pesawat Tempur KFX/IFX", *JOM FISIP* Vol 3 No 2, 2016, hlm 1-11

²⁸ Raden Indrawan & Bayu Widiyanto, "Kebijakan Ofset dalam Membangun Kemandirian Pertahanan Negara" *Jurnal Pertahanan* Vol 6, No 2, 2016, hlm 29-49

training dan simulator engineering, tingkatan terkait pengembangannya antara lain Aviation Training Device (ATD), Flight Training Device (FTD), dan Full flight simulators (FFS).

Simulator merupakan teknologi yang terdiri atas berbagai multi-disiplin ilmu, antara lain bidang mekanika, elektronika, informatika, maupun kontrol, dapat disederhanakan dalam bidang ilmu mekatronika, bidang keilmuan tersebut merupakan bidang keilmuan yang maju yang merupakan bagian dari teknologi dalam revolusi industri 4.0, berbagai komponen dan bidang keahlian dibutuhkan dalam pengembangan simulator.

Apabila Indonesia dapat mandiri dalam pengembangan simulator, maka

berbagai komponen dari simulator dapat membuat suatu pasar tersendiri yang dapat menimbulkan *multiplier effect* bagi industri, sebagai contohnya apabila PT. Dirgantara Indonesia (Persero) sebagai lead integrator membutuhkan teknologi tertentu pada simulator.

Alangkah baiknya apabila teknologi tersebut dapat diproduksi pada suatu industri khusus yang mengembangkan teknologi tersebut dan dapat digunakan oleh berbagai industri yang membutuhkannya, selain lebih menguntungkan dalam hal pembiayaan, namun juga dapat mengembangkan industri lokal dan secara keseluruhan membangun kemandirian.

Tabel 1. Data Temuan

No.	Data	Multiplier effect
1.	Flight simulator merupakan bidang keilmuan yang terus berkembang dan merupakan teknologi tinggi	Spillover effect pada teknologi lain baik simulator jenis lain atau sistem lain
2.	Pengalaman PT. Dirgantara Indonesia (Persero) dalam mengembangkan simulator non-flight	Dapat dijadikan bidang bisnis lain
3.	Teknologi Simulator merupakan teknologi dengan multi-bidang keilmuan	Bidang keilmuan mekanika, elektronika, informatika dan kontrol dapat berkembang dan dikuasai
4.	Peran PT. Dirgantara Indonesia (Persero) sebagai Lead integrator dalam pengembangan	Meningkatkan sinergitas, sinergitas yang baik dibutuhkan dalam pengembangan komponen multi-bidang keilmuan
5.	Teknologi yang berkembang saat ini merupakan proyek industri pertahanan	Meningkatkan efek gentar,
6.	Mengembangkan Industri Lokal	Pengembangan industri alat pendukung, komponen, material dll

Sumber: PT Dirgantara Indonesia (Persero), 2019

Tabel 2. Aspek Politik

No	Data	Impact	Keterangan
1.	Penguasaan suatu negara terhadap teknologi simulator dapat menjadi nilai jual lebih dan efek deterrence	High	Meningkatkan kemampuan alutsista
2.	Pengembangan simulator yang multi disiplin ilmu dapat menjadi acuan diplomasi antar <i>stakeholder</i>	High	Bergantung pada sinergitas antar <i>stakeholder</i> industri pertahanan
3.	Terdapatnya UU no 16 tahun 2012 dan <i>Roadmap</i> Industri Pertahanan.	High	Memberikan sebuah legitimasi terhadap jaminan keberlangsungan proyek

Sumber: PT Dirgantara Indonesia (Persero), 2019

Tabel 3. Aspek Ekonomi

No	Data	Impact	Keterangan
1.	PT. Dirgantara Indonesia (Persero) sebagai <i>Lead integrator</i> memerlukan bantuan baik dalam dukungan komponen maupun alat pendukung.	High	Posisi PT. Dirgantara Indonesia (Persero) sebagai <i>Lead integrator</i> sangat membutuhkan <i>supply chain</i> dari industri lain
2.	Penguasaan teknologi simulator yang merupakan teknologi tinggi juga dapat menguasai teknologi yang lebih rendah	High	Simulator tipe <i>Full flight simulator</i> hingga <i>Full training device</i>
3.	Pengalaman PT. Dirgantara Indonesia (Persero) dalam memproduksi dan merancang simulator <i>non-flight</i>	Medium	Simulator pada bidang perkapalan hingga pertambangan
4.	Terdapatnya perusahaan pengembang simulator swasta menunjukkan adanya pengembangan <i>market</i> terhadap penggunaan simulator	Low	Terdapat beberapa perusahaan simulator baik dalam bidang <i>software</i> maupun keseluruhan

Sumber: PT Dirgantara Indonesia (Persero), 2019

Aktivitas pengembangan teknologi pertahanan dalam hal penelitian dan rancang bangun merupakan upaya untuk mewujudkan kemandirian industri pertahanan, pengembangan teknologi di dunia saat ini merupakan pengembangan dari proyek teknologi pertahanan, sebagai contohnya adalah penemuan internet yang merupakan proyek *virtual network* yang dikembangkan oleh DARPA, dan pengembangan teknologi lain seperti GPS, Semikonduktor, mesin Jet, Reaktor Nuklir, dan lain-lain merupakan salah satu contoh dari *spillover effect* dan *multiplier effect* dari pengembangan teknologi pertahanan. *Spillover Effect* dan *Multiplier effect* dalam hal teknologi dapat meningkatkan

kemampuan desain, pengembangan, produksi, integrasi, dan pemeliharaan²⁹. *PEST Analysis* merupakan analisis yang terdiri atas aspek Politik, Ekonomi, Sosial, dan Teknologi, pada penelitian ini aspek *PEST* kemudian dijadikan grafik *PESTLEweb* berdasarkan data hasil wawancara dan group discussion yang dilaksanakan di PT. Dirgantara Indonesia (Persero) dan data yang didasarkan sumber lain seperti literatur dan observasi.

Ilustrasi *PESTLEweb* dalam penelitian ini dilakukan dengan mengeliminasi aspek *Law dan Environment*, dikarenakan metode yang sebelumnya digunakan adalah metode *PEST*, data didapat dengan melakukan brainstorming dengan melakukan group

discussion, kemudian data dikelompokkan berdasarkan masing-masing aspek, kemudian dilakukan analisis tingkat dampak terhadap pengembangan simulator, dan analisis efek pengganda disertai penyajian data.

Aspek politik merupakan aspek yang sangat berkaitan erat dengan pengembangan suatu teknologi dalam industri pertahanan, dikarenakan aspek tersebut sangat berkaitan dengan kemampuan dan penguasaan teknologi yang langsung berkaitan dengan sistem pertahanan negara, dalam pengembangannya, aspek ini berkaitan langsung terhadap aspek-aspek lain seperti aspek yang terdapat pada aspek ekonomi, sosial, dan lain-lain.

Tabel 4. Aspek Sosial

No	Data	Impact	Keterangan
1.	Kebutuhan SDM yang mempunyai kapabilitas pengembangan simulator	High	Pengembangan SDM terus dikembangkan
2.	Peningkatan kemampuan sumber daya manusia dengan adanya program pelatihan dll	High	PT. Dirgantara Indonesia (Persero) telah mengirimkan beberapa <i>Engineer</i> ke Korea Selatan
3.	Tumbuhnya industri lokal dapat berpengaruh pada bidang sosial	High	Munculnya lapangan pekerjaan baru
4.	Sebagai teknologi untuk meningkatkan kemampuan personel	High	User : TNI AU

Sumber: PT Dirgantara Indonesia (Persero), 2019

Tabel 5. Aspek Teknologi

No.	Data	Impact	Keterangan
-----	------	--------	------------

²⁹ Raden Indrawan & Bayu Widiyanto "Kebijakan Ofset dalam Membangun Kemandirian

Pertahanan Negara" *Jurnal Pertahanan* Vol 6, No 2, 2016, pp 29-49

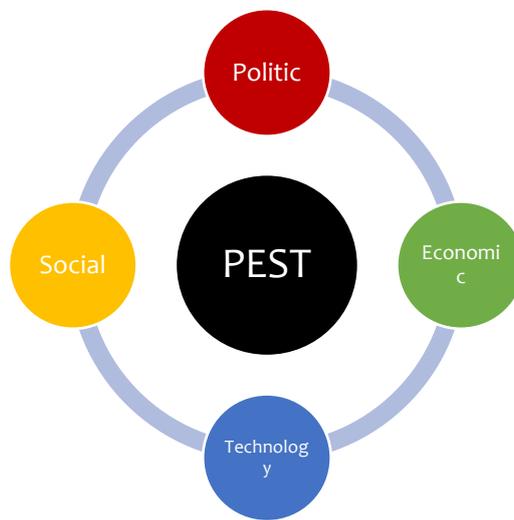
1.	<i>Flight simulator</i> merupakan bidang keilmuan yang terus berkembang dan merupakan teknologi tinggi	High	penguasaan simulator pada tingkat lebih tinggi dapat menguasai simulator pada tingkat yang lebih rendah
2.	Teknologi Simulator merupakan teknologi yang terdiri atas berbagai bidang keilmuan	High	Pengembangan pada bidang keilmuan yang terdapat pada teknologi revolusi industri 4.0
3.	Pengembangan teknologi simulator merupakan pengembangan teknologi yang sangat berkaitan dengan teknologi industri 4.0	High	Pengembangan pada bidang Informatika dapat berkembang hingga <i>Machine learning</i> , <i>Deep learning</i> , dan <i>Artificial intelligence</i>
4.	Teknologi yang berkembang saat ini merupakan pengembangan dari teknologi pertahanan	Medium	Teknologi Internet, GPS dll.

Sumber: PT Dirgantara Indonesia (Persero), 2019

Aspek ekonomi terdiri atas data keterangan dari PT. Dirgantara Indonesia (Persero) terkait pengalaman dan posisinya sebagai lead integrator dalam proyek pengembangan pesawat tempur generasi 4.5, selain itu bagaimana teknologi yang dihasilkan dapat memberikan dampak terhadap ekonomi lokal.

Aspek ekonomi berkaitan dengan peluang yang dapat diakibatkan dari adanya pengembangan teknologi simulator pesawat tempur generasi 4.5, di antara data temuan tersebut efek yang ditimbulkan antara lain berkaitan dengan aspek ekonomi di dalam pihak internal yaitu PT. Dirgantara Indonesia (Persero), hingga pihak eksternal seperti industri pendukung hingga dampak terhadap ekonomi lokal. *PEST analysis* pada bidang ekonomi dapat dilihat pada tabel 3.

Aspek Sosial berkaitan dengan aspek eksternal peluang dan ancaman dari pengembangan teknologi simulator pesawat tempur generasi 4.5 dan aspek lainnya seperti politik dan ekonomi pada bidang sosial seperti aspek sumber daya manusia. *PEST analysis* pada bidang sosial terdapat pada tabel 4.12. Aspek sosial dalam hal pengembangan teknologi simulator pesawat tempur generasi 4.5 berkaitan dengan kemampuan sumber daya manusia dalam hal ini adalah engineer dan sumber daya manusia dari pihak user/pemakai, yaitu TNI. Meskipun saat ini pengembangan untuk simulator training yang akan digunakan oleh TNI masih sangat bergantung pada



Gambar 1. PEST Analysis

Sumber: Blokdyk, 2018



Gambar 2. PEST Analysis

Sumber: Diolah Peneliti, 2020

perkembangan pesawat tempur secara keseluruhan, namun pengembangan sudah dimulai saat ini.

Multiplier effect diawali dari analisis teknologi yang merupakan aspek utama dari pengembangan simulator pesawat tempur generasi 4.5, pada aspek ini dikaitkan juga dengan aspek pengembangan pada berbagai teknologi dan sejarah pengembangan yang sudah dilakukan pada pengembangan teknologi pertahanan secara umum, beberapa

temuan yang ditemukan pada aspek teknologi dapat dilihat pada tabel 5.

Aspek teknologi dalam hal ini difokuskan kepada pengembangan teknologi simulator yang telah dilakukan PT. Dirgantara Indonesia (Persero), di mana teknologi simulator sendiri merupakan teknologi tinggi dan terbaru serta pengembangan pesawat tempur sendiri merupakan pengembangan yang pertama bagi Indonesia.



Gambar 3. Supply Chain Industri
 Sumber: PT Dirgantara Indonesia (Persero), 2019

Setelah dilakukan analisis terhadap *multiplier effect* pada masing masing aspek pada *PEST analysis* (Politik, Ekonomi, Sosial, dan Teknologi) kemudian dilakukan analisis terhadap dampak/impact dari pengembangan teknologi simulator pesawat tempur generasi 4.5.

Berdasarkan *PESTLEweb*, yang merupakan pengembangan metode *PESTLE* dengan melakukan ilustrasi berupa grafik didapatkan data hasil berupa grafik efek dan dampak didasarkan pada metode yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu *PEST analysis*. Data awal *PEST analysis* dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.

Dampak *multiplier effect* dari *PEST analysis* difokuskan bidang teknologi sebagai acuan utama dalam analisis, teknologi simulator merupakan teknologi yang tinggi, di mana teknologi yang tinggi

akan menimbulkan sebuah efek *deterrence* bagi negara lain, yang tentunya dapat memperkuat sistem pertahanan negara,

PT. Dirgantara Indonesia (Persero) sebagai *Lead integrator* dalam pengembangan proyek pesawat tempur generasi 4.5 tentunya membutuhkan dukungan dan sinergitas dari industry lainnya, seperti industry alat pendukung, komponen, dan *raw material*, dengan terbentuknya sinergitas yang baik, maka *supply chain* industry pertahanan dapat berjalan dengan baik.

PT. Dirgantara Indonesia (Persero) sudah memiliki pengalaman dalam memproduksi dan mendesain berbagai jenis simulator, baik *flight simulator* maupun simulator non-flight, teknologi simulator pesawat tempur sendiri merupakan teknologi yang tinggi, apabila dikaitkan dengan user maka

pengembangan terfokus kepada simulator training, salah satu pengembangannya dapat dilakukan dengan pengembangan Full flight simulator (FFS), perkembangan FFS saat ini cukup pesat, berbagai teknologi seperti 6DOF, Mission, Virtual Reality dll sudah diintegrasikan dalam teknologi ini, penguasaan teknologi tinggi ini dapat bermanfaat bagi penguasaan teknologi pada tingkat yang lebih rendah, seperti Full training device(FTD) dll, tentunya penguasaan pada simulator non-fighter dan non-flight dapat dikuasai

Perkembangan teknologi pertahanan khususnya teknologi simulator pesawat tempur dari pandangan user secara umum yaitu bertujuan untuk meningkatkan kemampuan personel TNI yang bertujuan untuk memperkuat sistem pertahanan negara, selain itu perkembangan teknologi pertahanan didasarkan pada UU No 16 Tahun 2012 tentang industri pertahanan, pada aspek politik tentunya dapat dijadikan acuan untuk diplomasi antar stakeholder dan dapat terwujudnya sinergitas industri pertahanan.

Teknologi Simulator merupakan teknologi yang terdiri atas multi-bidang keilmuan, pengembangan revolusi industri 4.0 tentunya harus dijadikan

acuan dalam pengembangan, semakin berkembangnya teknologi saat ini tentunya Indonesia harus menjadi pihak yang dapat mengembangkan teknologi baru dan tidak hanya menjadi pengikut, saat ini dalam bidang teknologi perkembangan pesat mulai berkembang seperti pengembangan startup, pengembangan teknologi industri 4.0 seperti artificial intelligence, machine learning, dan deep learning sudah menjadi perhatian khusus

Seperti pembahasan sebelumnya di mana dalam penguasaan dan akuisisi teknologi, langkah awal yang diperhatikan adalah penguasaan critical technology element, yang mana dapat meningkatkan penguasaan TRL, Peningkatan kemampuan SDM dan kebutuhan akan SDM yang mumpuni menjadi salah satu syarat pengembangan suatu teknologi, dengan terbentuknya SDM yang mumpuni maka akan dapat mewujudkan berbagai riset baru yang baik dalam bidang simulator pesawat tempur hingga teknologi yang lebih besar seperti pesawat tempur generasi di atas 4.5

Tentunya tujuan dari pengembangan teknologi ini memberikan efek langsung kepada keberlangsungan industri pertahanan,

diharapkan dari keberlangsungan industri pertahanan dapat mewujudkan Industri pertahanan yang mandiri yang dapat memperkuat sistem pertahanan negara Indonesia.

Pengembangan simulator pesawat tempur sendiri sangat terkait dengan pengembangan dari pesawat tempur secara keseluruhan, sebuah simulator training tidak dapat direalisasikan apabila pesawat tempur belum direalisasikan, fokus pengembangan simulator saat ini terfokus pada pengembangan simulator engineering yang memberikan sebuah informasi dan hasil simulasi untuk engineering.

Permasalahan terkait Lisensi dan Qualification & Approval merupakan salah satu permasalahan yang menghambat perkembangan proyek pesawat tempur generasi 4.5, sinergi yang baik dibutuhkan untuk memenuhi kriteria dari pemenuhan komponen inti, oleh karenanya kemandirian merupakan sebuah solusi yang tepat atas permasalahan tersebut, dalam proses akuisisi sebuah teknologi, dibutuhkan sebuah sinergi yang baik antar industri dan stakeholder di bidang pertahanan, khususnya industri yang berperan dalam pengembangan alpalhankam, dalam hal ini lead integrator dengan industri

pendukung, maupun industri dengan user, sering kali dalam proses pengadaan terdapat perbedaan khususnya terkait pemenuhan suatu komponen yang sesuai dengan syarat yang diinginkan, sebagai contohnya industri lokal belum mampu menyediakan komponen yang sesuai dengan prasyarat yang pada akhirnya pemenuhan untuk user belum dapat dipenuhi, hal ini dapat menjadi sebuah efek berkelanjutan sampai kepada pemenuhan pada pihak user

Terdapat beberapa faktor yang mengakibatkan hal tersebut, dari sisi teknologi maupun sisi ekonomi, dari sisi teknologi seperti yang masih tertinggal dan belum siap, secara umum perusahaan akan mengamati analisis kerugian dan keuntungan dalam pengembangan suatu komponen yang mana pengembangannya akan memakan biaya yang sangat besar.

Pemenuhan dari negara lain menjadi solusi sementara atas pemenuhan yang tentunya tidak dapat membuat Indonesia menjadi negara yang mandiri. Cara pandang terhadap aktivitas pengembangan teknologi pertahanan harus disinergikan untuk mewujudkan kemandirian industri pertahanan. Saat ini pengembangan teknologi terbaru saat ini merupakan sebuah spillover effect dan

multiplier effect dari pengembangan proyek teknologi pertahanan³⁰.

Kesimpulan, Saran, dan Pembatasan

Teknologi simulator merupakan sebuah kesatuan sistem yang terdiri atas 4 komponen bidang keilmuan, mekanika, elektronika, informatika, dan kontrol.

Pengembangan sebuah teknologi pertahanan dapat menimbulkan sebuah *multiplier effect* baik dalam bidang industri maupun teknologi, hal tersebut dibuktikan dengan terdapat fakta bahwa banyak teknologi yang berkembang saat ini merupakan hasil proyek industri pertahanan, dalam bidang ekonomi efek pengganda yang didapat antara lain adalah pemberdayaan ekonomi lokal, industri pendukung, dan lain-lain, serta efek pengganda bagi industri pengembang adalah peningkatan kemampuan yang dapat dijadikan sumber pendapatan/pemasukan lain bagi industri.

Teknologi simulator merupakan bidang keilmuan yang terdiri atas berbagai disiplin ilmu, alangkah baiknya untuk menguasai dasar dari keilmuan tersebut dan kemudian diintegrasikan

dalam pengembangan simulator, tentunya dengan pengembangan yang terfokus pada bidang tertentu dapat menimbulkan efek spillover maupun multiplier pada pengembangan lain, sebagai contohnya pengembangan algoritma software dapat berkembang ke bidang lain seperti *Artificial intelligence, Machine learning, hingga Deep learning*.

Sebagai langkah awal untuk mengupayakan komersialisasi dari *spillover effect* dan *multiplier effect* pengembangan teknologi adalah dengan mendorong substitusi impor alutsista, penguasaan teknologi sangat berkaitan dengan program offset yang memiliki dampak beragam terhadap perkembangan industri pertahanan, antara lain perkembangan teknologi, tenaga kerja, peningkatan keterampilan, pengembangan rantai permintaan dan penawaran, mekanisme subkontrak dan pemasaran³¹.

Perbaikan sinergi yang baik antar industri menjadi langkah awal terhadap proses perbaikan sinergi ke tahap stakeholder yang lebih tinggi yaitu pemerintah, industri, dan user. Salah satunya dengan mengadakan sosialisasi

³⁰ Raden Indrawan & Bayu Widiyanto "Kebijakan Ofset dalam Membangun Kemandirian Pertahanan Negara" *Jurnal Pertahanan* Vol 6, No 2, 2016, hlm 29-49

³¹ Raden Indrawan & Bayu Widiyanto "Kebijakan Ofset dalam Membangun Kemandirian Pertahanan Negara" *Jurnal Pertahanan* Vol 6, No 2, 2016, hlm 29-49

terkait *multiplier effect* terhadap industri, Industri Pertahanan maupun stakeholder pertahanan diharuskan untuk memiliki pandangan yang sama untuk mewujudkan kemandirian industri pertahanan, agar pemenuhan antar industri maupun antar stakeholder dapat terpenuhi.

Penelitian *multiplier effect* pengembangan teknologi simulator pesawat tempur generasi 4.5 ini memiliki beberapa pembatasan masalah yang meliputi acuan pengembangan dibatasi pada *multiplier effect* yang berawal dari efek pengganda pada bidang teknologi untuk kemandirian industri pertahanan.

Daftar Pustaka

Buku

- Kementrian Pertahanan Republik Indonesia. (2015). *Buku Putih Pertahanan 2015*.
- Cresswell (2012) *Educational Research Planning, Conduction and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. Pustaka Pelajar
- Blokdyk, Gerardus (2018) *PEST Analysis: Standard Requirements*. CreateSpace Independent Publishing Platform
- Lawrence P. Carr; Alfred J. Nanni Jr. (2009) *Delivering Results: Managing What Matters*. Berlin: Springer Science & Business Media
- Salsabiela, Bilqis (2017) *Risk Assesment Pengembangan Pesawat empur*

KFX/IFX pada Kerjasama Joint Development antara Indonesia dengan Korea Selatan (Tesis Magister) Bogor: Universitas Pertahanan.

Sugiyono (2017) *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Mixed Method*. Bandung: Alfabeta

Yahya A. (2008) *Bambu Runcing dan Mesiu: Masalah Kebijakan Pembinaan Pertahanan Indonesia*, Yogyakarta: Tiara Wacana.

Jurnal

Afiff, Gilang "Kepentingan Indonesia Melakukan Kerjasama Militer dengan Korea Selatan dalam Pengembangan Pesawat Tempur KFX/IFX", *JOM FISIP* Vol 3 No 2, 2016, pp 1-11

Armandha, Semmy and Sumari, Arwin "Ekonomi Politik Kerjasama Korea Selatan - Indonesia dalam Joint Development Pesawat Tempur KFX/IFX", *Global Strategis* vol. 10, no. 1, 2017

Asmaroini, Amiro. "Menjaga Eksistensi Pancasila Dan Penerapannya Bagi Masyarakat di Era Globalisasi", *JPK: Jurnal Pancasila dan Kewarganegaraan* vol. 1 no.1, 2017, pp 50-64.

Farnell, G.P., A.J. Saddington, & L.J. Lacey "A new systems engineering structured assurance methodology for complex systems Reliability Engineering & System Safety" vol 183, 2019, pp 298-310

Häussler, Carolin & Patzelt, Holger. "Strategic Alliances and Product Development in High Technology New Firms: The Moderating Effect of Technological Capabilities. *Frontiers of Entrepreneurship*

Research”, Journal of Business Venturing, vol 27, 2012, pp 217-233

Indrawan, Raden & Widiyanto, Bayu "Kebijakan Ofset dalam Membangun Kemandirian Pertahanan Negara" Jurnal Pertahanan Vol 6, No 2, 2016, pp 29-49

Shashidara B.P. et al . "Development of a Full Mission Simulator for Pilot Training of Fighter Aircraft". Defence Science Journal, vol 68 no 5, 2018, pp 425-431

Suseno, Deky “Multiplier effect Sektor Basis Terhadap Perekonomian Daerah Provinsi Jawa Tengah”, Jurnal Riset Ekonomi Pembangunan Vol 2 No 1, 2017

Wulandari, Alfita "Kepentingan Indonesia Bekerjasama dengan Turki dalam Industri Pertahanan (Studi Kasus: Pembuatan Tank Medium)", JOM FISIP Universitas Riau. Vol 4 No 2 pp 1-12, 2017

Website

Kolonel (Pnb) M Mukhson “Pusdiklat Hanudnas Minta Kemhan Ganti Perangkat Simulasi Perang” <https://www.antaraneews.com/berita/941547/pusdiklat-hanudnas-minta-kemhan-ganti-perangkat-simulasi-perang>, 14 Juli 2019, diakses 12 Februari 2020

Collins, Rob “A Graphical Method for Exploring the Business Environment” 19 June 2014, diakses 16 Desember 2019

Peraturan

Department of Defense (DoD) Technology Readiness Assessment (TRA)

Federal Aviation Administration (FAA) dalam dokumen FAR 121 Subpart Training Program.

Permenristekdikti No 42 tahun 2016

Undang Undang No 16 Tahun 2012 tentang Industri Pertahanan

Lampiran

Pertanyaan Wawancara & Group Discussion.

1. Menurut definisi, Sebuah teknologi dikatakan sebagai komponen yang kritis apabila sebuah sistem sangat bergantung pada teknologi/komponen tersebut untuk mencapai *operational requirements*, selain itu komponen teknologi atau aplikasinya merupakan teknologi yang baru atau memiliki *novelty* pada area yang memiliki *major technological risk* selama proses desain atau demonstrasi. Berikut terdapat kriteria terkait definisi komponen yang dapat dikatakan sebagai komponen kritis, beri penilaian berupa tanda “lingkaran” terkait seberapa besar nilai kepentingan tersebut pada kolom yang disediakan.
2. Definiskan komponen yang termasuk kedalam komponen kritis dari teknologi simulator pesawat tempur generasi 4.5 kemudian tentukan nilai hubungan antara CTE tersebut dengan kriteria CTE. Elemen dapat berupa *hardware, Software, Major Technical Application*, Teori, data, dll
3. *Technology Readiness Level Simulator*,

No.	Pertanyaan	Ya/Tidak
Q9 (TRL 9)	Apakah peralatan / proses teknik telah berhasil dioperasikan di lingkungan operasional sepenuhnya?	Ya / Tidak

Q8 (TRL 8)	Apakah peralatan / proses teknik berhasil didemonstrasikan dalam lingkungan sebenarnya?	Ya / Tidak
Q7 (TRL 7)	Apakah peralatan / proses teknik berhasil dioperasikan di lingkungan operasional yang relevan?	Ya / Tidak
Q6 (TRL 6)	Apakah pengujian skala teknik prototipe telah ditunjukkan dalam lingkungan relevan?	Ya / Tidak
Q5 (TRL 5)	Apakah pengujian peralatan / proses bench-scale telah ditunjukkan di lingkungan yang relevan?	Ya / Tidak
Q4 (TRL 4)	Apakah pengujian skala laboratorium telah dilakukan dalam lingkungan yang disimulasikan?	Ya / Tidak
Q3 (TRL 3)	Apakah analisis proses dan konsep telah disimulasikan?	Ya / Tidak
Q2 (TRL 2)	Apakah proses dan conceptual design telah dirumuskan?	Ya / Tidak
Q1 (TRL 1)	Apakah prinsip dasar proses teknologi telah diamati dan dilaporkan?	Ya / Tidak

6. Apa manfaat dari Pengembangan Teknologi Simulator bagi Industri dan Pengembangan Teknologi lainnya?

4. Definisikan komponen yang termasuk kedalam komponen kritis dari teknologi simulator pesawat tempur generasi 4.5 kemudian tentukan nilai hubungan antara CTE tersebut dengan kriteria CTE.
5. Definisikan komponen yang termasuk kedalam komponen kritis dari teknologi simulator pesawat tempur generasi 4.5 kemudian tentukan nilai hubungan antara CTE tersebut dengan kriteria CTE. Elemen dapat berupa *hardware*, *Software*, *Major Technical Application*, Teori, data, dll

