PROCEEDING

PEKAN LITBANG PERTAHANAN TAHUN 2022

Pondok Labu, 11 – 12 Agustus 2022

"PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SERTA INOVASI TEKNOLOGI PERTAHANAN DALAM MEWUJUDKAN KEMANDIRIAN ALAT PERALATAN PERTAHANAN"

KATA PENGANTAR

Seminar Pekan Penelitian dan Pengembangan Pertahanan Tahun 2022 diadakan di Graha Adhya Wicaksana Dislitbangal Jakarta dari tanggal 11 – 12 Agustus 2022. Pekan Litbanghan ini merupakan adalah acara tahunan yang diselenggarakan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pertahanan.

Tahun ini, tema Seminar adalah "Penelitian Dan Pengembangan Serta Inovasi Teknologi Pertahanan Dalam Mewujudkan Kemandirian Alat Peralatan Pertahanan". Oleh karena itu, seminar ini dimaksudkan untuk menyediakan forum yang menghubungkan peneliti, ilmuwan, mahasiswa, dan praktisi di bidang pengembangan kebijakan dan teknologi pertahanan untuk berbagi pengalaman dan memberikan solusi terhadap pertahanan Indonesia. Diharapkan melalui seminar ini dapat terwujud studi interaksi dalam rangka berbagi pengetahuan, bertukar pikiran, dan kerjasama antar peserta yang hadir.

Tahun ini, kami mengundang dua pembicara utama yang telah dipilih dengan cermat untuk membicarakan topik yang sedang hangat dalam penelitian dan pengembangan pertahanan saat ini:

1. Dr. Ir. Achmad Farid Wadjdi, M.M. (Perekayasa Ahli Madya BRIN) sebagai *Speaker* dan Dr. Telisa Aulia Felianti, S.E., M.E., (Staf Ahli Presiden RI Bidang Ekonomi) sebagai *Co-Speaker* dalam topik tentang Strategi Kebijakan Belanja Pertahanan Negara Untuk Mengoptimalisasi Pertumbuhan Ekonomi Nasional.
2. Dr. Arif Nur Hakim (Kepala Pusat Teknologi Roket ORPA-BRIN) sebagai *Speaker* dan Dr. Rika Andiarti (Perekayasa Ahli Utama ORPA-BRIN) sebagai *Co-Speaker* dalam topik tentang Transformasi Pengembangan Roket R-Han 450 Menuju Rudal Pertahanan Indonesia (Tinjauan dan Analisis Lingkungan Teknologi)

Kami ingin mengucapkan terima kasih yang hangat kepada pembicara utama atas makalah dan paparan yang disampaikan untuk berbagi ilmu, pengalaman, dan perkembangan terkini di bidang pengembangan dan penelitian tentang kebijakan dan teknologi pertahanan.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada anggota panitia penyelenggara yang telah bekerja tanpa lelah untuk mempersiapkan seminar ini, serta pihak lain yang telah membantu dan mendukung suksesnya seminar ini.

Salam Belanegara,

Ketua Pelaksana
Seminar Pekan Litbanghan Tahun 2022

Kolonel Inf Erlangga Galih Wisnu Wardhana, S.IP.

SUSUNAN REDAKSI

Penasehat : Kabalitbang Kemhan
Penanggung jawab : Ses Balitbang Kemhan
Pimpinan Redaksi : Kolonel Inf. Arie Prianto Widiatmoko
Dewan Redaksi :
Kapuslitbang Strahan Balitbang
Kapuslitbang Sumdahan Balitbang Kemhan
Kapuslitbang Alpalhan Balitbang Kemhan
Kapuslitbang Iptekhan Balitbang Kemhan
Sekretaris :
Erlangga Galih Wisnu W., S.IP.
Tim Redaksi :
Kolonel Caj Dr. Kusuma, M.Si.
Mistiani, S.Sos., M.Mhan.
Maulana Randa, S.T., M.T., Ph.D
Alimisna, S.E., M.M.
Kolonel Chb Drs. Sulaiman Nur
Kolonel Arm Drs. Deden Daniswara, MSc
Kolonel Lek Ir. Bambang Edhie Sahputro, MT.
Kolonel Caj Drs. Mohadib, MSc
Kolonel Kal Agus Wahyudi, S.E., M.M.
Kolonel Laut (P) Chabib Shofhani, S.E.
Design Grafis:
Yeyep Pirdaus, S.Sos, MM.
Surdi Muhamad Lailan, S.H.
Editor :
Maulana Randa, S.T., M.T., Ph.D
Sekretariat :
Moh. Ibnu Holdun, S.Ag, MM.
Nafsiah, SP, M.M.
Sena Sunandar, SE, Msi.
Nunung Indaryanti, S.E.
Ratna Wulan Sari, SE.
Sukarsih, SE.
Riyono Asnan
Dewi Hartati
Alamat Redaksi :
Balitbang Kemhan
Jl. Jati No. 1 Pondok Labu Jakarta Selatan 12450
Telp. (021) 7502086, Fax. (021) 7504466
e-mail: balitbang@kemhan.go.id
website: http//www.balitbang.kemhan.go.id

JADWAL KEGIATAN

Hari ke-1 (11 Agustus 2022)

11.30-13.00	:	Registrasi
13.00-13.10	:	Pembukaan oleh MC dilanjutkan laporan Penanggung Jawab Seminar dan menyanyikan Lagu Kebangsaan Indonesia Raya
13.10-13.30	:	Sambutan Pembukaan oleh Kabalitbang Kemhan dilanjutkan penyerahan plakat dan foto bersama
13.30-13.40	:	Keynote Speech Sekjen Kemhan
13.40-13.45	:	MC mengundang Moderator dan membacakan CV Moderator
13.45-14.00	:	Moderator mengundang Pembicara dan Narasumber dilanjutkan membacakan CV Speaker, Co-Speaker, dan Penanggap/Pembahas
14.00-14.30	:	Sesi paparan tentang Strategi Kebijakan Belanja Pertahanan Negara Untuk Mengoptimalisasi Pertumbuhan Ekonomi Nasional, dipresentasikan oleh Dr. Ir. Achmad Farid Wadjdi, M.M.. Perekayasa Ahli Madya Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
14.30-14.45	:	Break Time
14.45-15.45	:	Sesi Tanya Jawab dan Tanggapan dipandu oleh Moderator
15.45-16.00	:	Penyampaian Resume oleh Notulen dilanjutkan penutupan sesi Tanya Jawab oleh Moderator
16.00-16.05	:	Penutupan acara Seminar Hari Pertama oleh MC

Hari ke-2 (12 Agustus 2022)

07.30-08.30	:	Registrasi
08.30-08.40	:	Pengantar oleh MC dan Keynote Speech Sekjen Kemhan
08.40-08.45	:	MC mengundang Moderator dan membacakan CV Moderator
08.45-09.00	:	Moderator mengundang Pembicara dan Narasumber dilanjutkan membacakan CV Speaker, Co-Speaker, dan Penanggap/Pembahas
09.00-09.30	:	Sesi paparan tentang Transformasi Pengembangan Roket R-Han 450 Menuju Rudal Pertahanan Indonesia (Tinjauan dan Analisis Lingkungan Teknologi), dipresentasikan oleh Dr. Arif Nur Hakim, Kepala Pusat Teknologi Roket ORPA-BRIN
09.30-09.45	:	Break Time

09.45-10.45	:	Sesi Tanya Jawab dan Tanggapan dipandu Moderator
10.45-11.00	:	Penyampaian Resume oleh Notulen dilanjutkan penutupan sesi Tanya Jawab oleh Moderator
11.00-11.20	:	Penyerahan plakat dan foto bersama dilanjutkan Sambutan Penutupan oleh Kabalitbang Kemhan
11.20-11.30	:	Menyanyikan Lagu Padamu Negeri dilanjutkan laporan Penanggung Jawab Seminar dan penutupan acara oleh MC

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR 1

SUSUNAN REDAKSI 3

JADWAL KEGIATAN 4

DAFTAR ISI 6

***KEYNOTE SPEECH* SEKRETARIS JENDERAL KEMENTERIAN PERTAHANAN** 7

STRATEGI OPTIMALISASI BELANJA PERTAHANAN UNTUK PERTUMBUHAN EKONOMI NASIONAL 9

TRANSFORMASI ROKET PERTAHANAN RHAN 450 MENUJU RUDAL PERTAHANAN INDONESIA (TINJAUAN DAN ANALISIS LINGKUNGAN TEKNOLOGI) 28

KEYNOTE SPEECH SEKRETARIS JENDERAL KEMENTERIAN PERTAHANAN

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,
Salam sejahtera bagi kita semua, Shalom, Om Swastyastu

Yang terhormat, Kabalitbang Kemhan.
Yang saya hormati, Staf Ahli Menhan Bidang Ekonomi, Staf Ahli Menhan Bidang Keamanan, Sesbalitbang Kemhan, Para Kapuslitbang Balitbang Kemhan, para narasumber, peserta seminar, dan tamu undangan sekalian yang berbahagia.

Marilah kita panjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, kita masih diberi kesempatan untuk mengikuti kegiatan Seminar Pekan Litbang Pertahanan tahun 2022 dalam keadaan sehat wal' afiat.

Sebagai kegiatan akademis, seminar ini memiliki peran penting dalam memberikan sumbangan pemikiran yang inovatif terkait pertahanan negara. Seminar ini juga sekaligus dimaksudkan untuk memperingati Hari Kebangkitan Teknologi Nasional (Hakteknas) Ke-27, dan bertepatan dengan momen tersebut, saya menyampaikan apresiasi yang tinggi atas terselenggaranya kegiatan ini.

Topik yang diangkat dalam seminar ini adalah "Strategi Kebijakan Belanja Pertahanan Negara Untuk Mengoptimalisasi Pertumbuhan Ekonomi Nasional" dan "Transformasi Pengembangan Roket R-Han 450 Menuju Rudal Pertahanan Indonesia". Kedua topik tersebut dirasakan sangat relevan dihadapkan pada situasi dunia yang terus mengalami perubahan karena kemajuan sains dan teknologi.

Kemajuan tersebut akan menimbulkan berbagai implikasi di bidang pertahanan yang pada akhirnya mendorong setiap bangsa untuk mampu menentukan solusi yang efektif dalam menjamin eksistensi sebuah negara. Oleh karena itu keterbatasan sains dan teknologi perlu disikapi melalui sinergi antar lembaga litbang dan instansi lainnya.

Terkait strategi kebijakan belanja pertahanan, sebagaimana yang diamanatkan dalam RPJMN 2020 – 2024 maka Kementerian Pertahanan berkomitmen penuh untuk berkontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi nasional melalui penggunaan belanja pertahanan secara tepat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa belanja pertahanan

berpengaruh positif terhadap kesejahteraan atau pertumbuhan ekonomi, sepanjang inisiatif dan program pertahanan memuat karakteristik produktivitas, penggunaan ganda (*dual use*), dan pemberdayaan serta kolaboratif.

Melalui seminar ini, akan dipublikasikan tentang bagaimana strategi dan inisiatif – inisiatifnya untuk penguatan efek positif belanja pertahanan terhadap pertumbuhan ekonomi nasional.

Salah satu wujud strategi kebijakan belanja pertahanan adalah pemenuhan dan pembaharuan alutsista khususnya rudal. Kementerian Pertahanan dalam proses pengembangan roket pertahanan memerlukan penyesuaian seiring dengan perubahan paradigma peperangan bahwa keberadaan rudal yang dimiliki sebuah negara akan memberikan efek gentar terhadap kawasan sekitarnya. Melalui upaya meneliti kembali proses pengembangan roket R-Han 450 diharapkan mampu memberikan respon yang akan mengarahkan perubahan teknologi roket menjadi rudal terutama teknologi *seeker and guidance system*.

Saya berharap melalui seminar nantinya, akan dapat terbangun sebuah tekad, konsensus dan keyakinan bahwa bangsa indonesia sanggup membangun roket maupun rudal sendiri.

Sebelum mengakhiri *keynote speech* ini, saya mengucapkan selamat kepada Kabalitbang Kemhan beserta jajarannya atas upaya dan kerja kerasnya dalam mewujudkan kegiatan Seminar Pekan Litbang Pertahanan Tahun 2022.

Saya juga mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi – tingginya kepada para pembicara, pembahas dan penanggap serta seluruh pihak yang terlibat sehingga kegiatan ini dapat terselenggara dengan baik.

Semoga Allah, Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan petunjuk dan perlindungan dalam menjalankan pengabdian kepada bangsa dan negara yang kita cintai bersama.

Sekian dan Terima Kasih.
Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,
Salam sejahtera bagi kita semua, Shalom, Om Canti Canti Om.

STRATEGI OPTIMALISASI BELANJA PERTAHANAN UNTUK PERTUMBUHAN EKONOMI NASIONAL

Achmad Farid Wadjdi[1], Telisa Aulia Felianti[2]
[1] Badan Riset dan Inovasi Nasioanal
[2] Kantor Staf Presiden Republik Indonesia

ABSTRAK

Tulisan ini bermaksud untuk berbagi pengalaman tentang bagaimana program kerjasama di bidang pertahanan di Indonesia harus diprioritaskan dan ditandai dalam dokumen kebijakan rencana anggaran pertahanan berikut ini. Hal ini terkait dengan argumentasi teoritis bahwa perumusan kebijakan perencanaan pertahanan harus mengutamakan kesejahteraan dan stabilitas keamanan nasional dan kawasan. Untuk mendukung argumen ini, bukti empiris bahwa manfaat program kolaboratif adalah peningkatan produktivitas dan pada akhirnya peningkatan kesejahteraan akan ditunjukkan.

Analisis dalam tulisan ini didasarkan pada data statistik dari berbagai sumber, wawancara, dan kesimpulan dari FGD yang melibatkan pakar ekonomi nasional dan ekonomi pertahanan di Indonesia. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa belanja pertahanan di Indonesia berpengaruh positif terhadap kesejahteraan (pertumbuhan ekonomi) sepanjang inisiatif dan program pertahanan memuat karakteristik sebagai berikut: produktivitas, penggunaan ganda, dan pemberdayaan dengan pendekatan triple-helix dan kolaboratif.

Penghapusan program-program produktif (seperti program R&D dan pendidikan, serta program-program yang melibatkan akademisi, industri, dan LSM) akan secara signifikan mengurangi efek positif belanja pertahanan terhadap pertumbuhan ekonomi. Implikasi strategis dari hasil ini adalah mendorong belanja pertahanan diarahkan pada program kerja yang produktif untuk meningkatkan kesejahteraan dan pertahanan keamanan. Adapun konsekuensinya, perlu untuk menandai rencana program dengan tanda "program kolaboratif" sebagai panduan langsung yang membutuhkan implementasi kolaboratif. Ke depan, penandaan ini akan mendorong ketersediaan data sebagian belanja pertahanan sehingga analisis pengaruh belanja pertahanan lebih akurat. Selain

itu, penandaan tersebut akan mendorong diseminasi karya kolaboratif dan upaya penyusunan dokumen pedoman kerja kolaboratif di lingkungan Kementerian Pertahanan.

Terakhir, dibahas pula jenis-jenis program kerja sama di Kementerian Pertahanan RI dalam waktu dekat, termasuk membahas organisasi komunitas SciTech dan ide-ide baru untuk program pertahanan dan keamanan bersama.

Kata kunci: kolaborasi, belanja pertahanan, pertumbuhan ekonomi, kebijakan

PENDAHULUAN

Indonesia telah banyak berkolaborasi dengan komunitas lain karena ketersediaan teknologi komunikasi dan ada dorongan yang lebih kuat untuk bekerja sama. Namun, masih banyak ide-ide yang menantang untuk dikolaborasikan untuk mempercepat inovasi dan mengurangi ketidakpastian, untuk mendapatkan manfaat secara efektif. Misalnya, munculnya *Science and Technology Park* (STP), ini adalah bentuk organisasi yang disarankan untuk menghasilkan produktivitas R&D yang lebih tinggi [1]. Tentu saja, pada akhirnya, program kolaboratif membutuhkan dukungan kebijakan pemerintah untuk penyediaan SDM, biaya, dan infrastruktur yang direncanakan. Yang terakhir ini akan menjadi fokus utama dalam tulisan ini. Pada intinya, makalah ini mengusulkan agar dokumen kebijakan perencanaan belanja pertahanan di Indonesia harus memuat program kerjasama yang lebih jelas. Tantangan di Kementerian Pertahanan RI adalah memastikan program-program yang bercirikan kolaborasi, pemanfaatan ganda, dan pemberdayaan mendapat perhatian lebih.

Untuk memastikan bahwa percepatan itu penting dalam konteks kolaborasi, penggunaan ganda, dan pemberdayaan, diperlukan dukungan analitis empiris untuk meyakinkan para pembuat kebijakan dan mendukung keputusan mereka. Dengan demikian, “Masyarakat Iptek Percepatan Bersama Masyarakat Menuju Akselerasi Inovasi” menjadi tema yang hanya bisa diwujudkan jika ada kebijakan yang mendukungnya (dalam bentuk ketersediaan anggaran).

Tentu saja, kolaborasi telah lama menjadi bagian dari kebijakan pemerintah Indonesia untuk mendorong penelitian ilmiah untuk menghasilkan hasil yang berkualitas tinggi dan memberikan penelitian yang lebih berdampak. Banyak ahli sepakat bahwa menggunakan

kerjasama internasional dapat mendorong hubungan yang lebih erat antar negara. Perjanjian kerjasama antar pemerintah pada dasarnya mempromosikan kerjasama yang erat dalam ilmu pengetahuan. Salah satu konteks pendorong yang signifikan untuk promosi tersebut adalah pertukaran pengalaman penelitian dan penerapan teknologi, pendidikan, dan kebijakan budaya. Namun, pendekatan kolaboratif tidak hanya di bidang penelitian dan kolaborasi teknologi, tetapi telah dikembangkan di bidang-bidang penting, seperti mengatasi kelaparan, penyakit menular, dan bencana alam.

Wacana dengan tema kerjasama ini sangat cocok dengan kondisi Indonesia saat ini dan ke depan. Indonesia adalah negara maritim dengan berbagai realitas budaya, politik, dan ekologi ribuan pulau di garis khatulistiwa. Wilayahnya kaya akan keanekaragaman hayati tetapi rentan terhadap bencana alam [2]. Secara geopolitik, Indonesia memandang pentingnya interaksi global sebagai paradigma baru – bagaimana masyarakat internasional merespon ketidakstabilan politik, perubahan iklim, dan bencana di suatu kawasan, yang pada akhirnya dipandang internasional sebagai masalah bersama. Fenomena perubahan global melampaui batas-batas nasional, dan mitigasi risiko yang efektif membutuhkan tanggapan lokal hingga global. Interaksi tersebut membutuhkan respons kebijakan untuk beradaptasi dan memitigasi risiko, misalnya Covid-19. Kasus ini telah menunjukkan bagaimana paradigma baru itu berlaku. Untuk peserta seperti itu dalam organisasi kolaboratif secara sukarela menemukan cara efektif untuk mengurangi risiko Covid-19 [3]. Pelajaran dari kolaborasi terkait Covid-19 telah menegaskan kembali pentingnya kolaborasi baik lokal maupun global sekarang dan di masa depan, terutama ketika diperlukan pengambilan keputusan yang mendesak [4]. Kolaborasi adalah fitur konstan masyarakat modern [5]. Meskipun masih terdapat kendala dalam pelaksanaan kolaborasi interdisipliner, pendekatan penelitian kolaboratif mendapat perhatian serius dari banyak kalangan [6]. Selain itu, program pertahanan negara merupakan bidang multidisiplin.

Kesulitan yang sering dihadapi dalam melaksanakan program yang membutuhkan tingkat multidisiplin yang tinggi adalah terbatasnya jumlah personel dan kompetensi keilmuan. Hal ini menuntut kami untuk melakukan *outsourcing* sumber daya manusia dan berkolaborasi dengan universitas, industri, dan organisasi massa. Karena dokumen kebijakan perencanaan belanja pertahanan biasanya tidak memuat program “kolaborasi”

secara eksplisit, pada umumnya apakah program tersebut dilakukan secara kolaboratif atau tidak ditentukan oleh unit organisasi pelaksana. Permasalahan yang sering muncul ketika menerapkan metode kolaboratif adalah kesenjangan budaya sipil-militer dan sifat sistem non-teknis serta lemahnya interaksi antara komponen teknis dan sosial dalam rangka menuangkan strategi pertahanan ke dalam aplikasi sistem kerja [7]. Misalnya, dalam konteks itu, visi strategis pertahanan negara sering kali sulit dipahami oleh universitas dan komunitas industri karena disusun dalam banyak dokumen dan dalam gaya khusus militer, sehingga tidak sepenuhnya jelas bagaimana visi itu seharusnya. diwujudkan ke dalam desain sistem, termasuk kurangnya dukungan metodologis untuk transisi dari strategi ke sistem kerja [8].

Terlepas dari diskusi tentang kesulitan seperti itu, seperti yang disarankan banyak orang dalam literatur, komunitas R&D pertahanan percaya bahwa di kolaborasi antara peneliti di R&D Pertahanan, industri, akademisi, dan LSM akan mendapatkan keuntungan besar dan memiliki dampak ganda. Dengan tetap melakukan metode kolaboratif, pada akhirnya akan terjadi difusi pemahaman “budaya kerja” antara sipil-militer [5]. Tentu saja, persoalan yang harus diatasi adalah bagaimana prakarsa tersebut dapat diwujudkan secara berkelanjutan dan dituangkan secara eksplisit dalam kebijakan perencanaan belanja pertahanan Indonesia. Dengan mengacu pada berbagai literatur tentang kolaborasi, diasumsikan bahwa belanja pertahanan di bidang tertentu dengan pendekatan kolaboratif akan berdampak positif bagi keamanan dan kesejahteraan nasional. Makalah ini mengajukan hipotesis sebagai berikut: (1) Riset dan teknologi pertahanan berpengaruh positif terhadap kesejahteraan; (2) Kerjasama riset dan teknologi berpengaruh positif terhadap kesejahteraan. Studi kasus menggunakan data belanja pertahanan dan variabel terkait yang tersedia di Kementerian Pertahanan, Mabes TNI, BPS (Badan Pusat Statistik), Bank Indonesia, dan Bank Dunia untuk membuktikan hipotesis dilakukan. Dengan membuktikan kedua hipotesis tersebut, tulisan ini bertujuan untuk memberikan bukti pentingnya program pertahanan yang produktif dengan pendekatan kolaboratif sehingga pengeluaran pertahanan dapat berperan dalam menumbuhkan ekonomi dan meningkatkan kesejahteraan di samping program untuk menjaga stabilitas kedaulatan dan keamanan.

TINJAUAN PUSTAKA DAN METODE PENELITIAN

Pendekatan kolaboratif antara pemerintah, organisasi masyarakat, perguruan tinggi, dan industri telah lama dicanangkan sebagai model kerja yang efektif untuk memecahkan masalah [9], memungkinkan difusi teknologi [10], dan pemberdayaan[11]. Bidangnya sangat bervariasi, tetapi yang paling populer adalah kolaborasi untuk menyelesaikan masalah lingkungan [12], pasokan energi [13], kesehatan [14], dan pendidikan [15]. Mengingat bidang pertahanan negara bersifat multidisiplin, maka pendekatan kolaboratif dalam aspek pertahanan juga banyak mendapat review, dan banyak dikemukakan manfaat [7], [16]. Kolaborasi di bidang pertahanan dan keamanan negara di Indonesia tersirat dalam doktrin sistem pertahanan total (Sishankamrata) dan tertuang dalam banyak dokumen. Dalam berbagai acara, Menhan RI menyampaikan pentingnya kerjasama [17], [18].

Namun demikian, program-program kerjasama pada umumnya tidak secara eksplisit dinyatakan dalam dokumen kebijakan perencanaan belanja pertahanan. Dengan demikian, tidak ada indikasi dalam dokumen kebijakan apakah suatu inisiatif atau program akan dilaksanakan secara kolaboratif atau tidak. Untuk mengetahuinya, program kerjasama biasanya diungkapkan dalam dokumen tersendiri. Secara spesifik, rencana belanja pertahanan yang banyak mendapat perhatian adalah pengaruhnya terhadap kesejahteraan yang data proksinya adalah pertumbuhan ekonomi.

Dalam kasus Indonesia, belanja pertahanan umumnya dinilai memiliki efek negatif atau positif tergantung pada variabel regressor dan teknik analisis yang digunakan. Efek positif belanja pertahanan terhadap pertumbuhan ekonomi adalah karena menciptakan lapangan kerja [19], menciptakan stabilitas keamanan [20], dan berinvestasi secara produktif dalam modal manusia [21]. Yang menarik perhatian adalah perbandingan pengaruh belanja pertahanan terhadap pertumbuhan ekonomi antara Indonesia dan Turki dimana di Indonesia menunjukkan positif sedangkan di Turki diklaim berpengaruh negatif. Jika alokasinya tidak tepat sasaran, maka pertumbuhan ekonomi akan berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan ekonomi.

Mengingat pentingnya pendekatan kolaboratif dalam pelaksanaan suatu program, gagasan untuk menjabarkannya secara eksplisit dalam dokumen kebijakan perencanaan pengeluaran pertahanan menjadi menarik. Tidak hanya akan menjadi pedoman pelaksanaan program, tetapi program kolaboratif akan menunjukkan efek belanja pertahanan seperti yang ditunjukkan dalam penelitian di atas. Untuk memperkuat gagasan program kolaboratif ke dalam dokumen perencanaan pengeluaran pertahanan masa depan, perlu untuk memperbarui penelitian yang dijelaskan di atas dengan menambahkan data terbaru untuk lebih memahami kemungkinan perubahan dalam hasil. Data yang diulas sebagai fokus analisis makalah ini adalah PDB, belanja pertahanan, kependudukan, partisipasi angkatan kerja, anggaran litbang nasional, jumlah tentara per seribu penduduk, manufaktur (nilai tambah), jumlah lulusan universitas per sepuluh ribu penduduk, dan indeks kesejahteraan prajurit.

Secara umum, belanja pertahanan Indonesia di kawasan ASEAN tergolong rendah jika dilihat dari rasionya terhadap PDB menurut rata-rata data bank dunia tahun 1990-2020 (lihat Gambar 1). Namun, jika dilihat dari rata-rata dalam sepuluh tahun terakhir, belanja pertahanan Indonesia cukup tinggi, hanya di bawah Singapura (gambar 2).

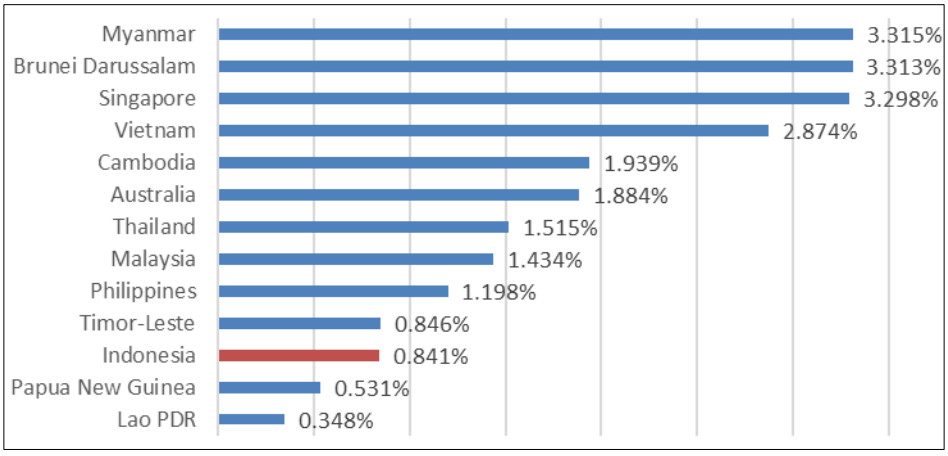

Figure 1. Average Defense Spending of ASEAN based on GDP 1990-2020 (Source: World Bank)

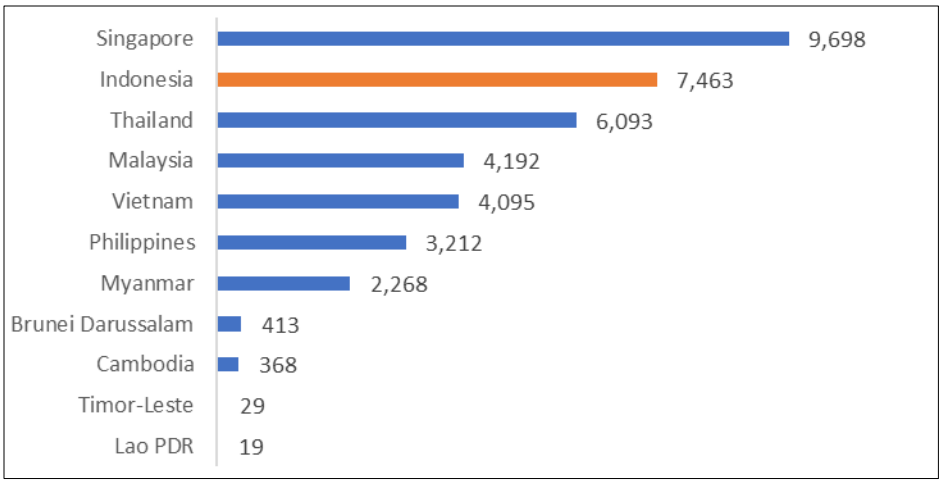

Figure 2. Average Defense Spending of ASEAN 2010-2020 in Million USD (Source: World Bank)

Berapapun besarnya belanja pertahanan, telah disepakati bahwa belanja tersebut harus memberikan keamanan dan peningkatan kesejahteraan. Penelitian ini berfokus pada pemahaman tentang belanja pertahanan yang dapat meningkatkan produktivitas, pertumbuhan ekonomi, dan pada akhirnya kesejahteraan. Dalam konteks itu, literatur menunjukkan bahwa produktivitas berkaitan dengan teknologi sumber daya manusia dan pengembangan modal kerja. Dengan demikian, diasumsikan bahwa sebagian belanja pertahanan akan digunakan untuk modal kerja, dan sebagian lainnya untuk menjamin keamanan dan perlindungan.

Pertumbuhan produktivitas tidak hanya bergantung pada inovasi tetapi juga pada peningkatan modal fisik dan manusia [24]. Ada indikasi bahwa pertumbuhan produktivitas juga terkait dengan standar biaya hidup [25] dan daya beli [26]. Di Indonesia rata-rata partisipasi angkatan kerja lebih dari 60%, dimana pada akhir tahun 2005 mencapai 64% dan pada tahun 2020 mencapai 67,4%. Persentase ini menunjukkan potensi tenaga kerja (sumber daya manusia produktif) yang cukup tersedia. Untuk memahami pengaruh modal, data nilai tambah manufaktur yang terkait dengan partisipasi angkatan kerja dan lulusan perguruan tinggi disebut. Sementara itu, tingkat kesejahteraan prajurit dengan proksi data rasio pengeluaran pertahanan per kapita dan indeks harga konsumen akan memberikan gambaran standar biaya hidup prajurit yang dilambangkan dengan indeks kesejahteraan prajurit.

Dalam analisis statistik, PDB adalah variabel dependen, dan yang lainnya adalah variabel independen. Analisis statistik inferensial digunakan, yang melibatkan berbagai tes yang biasa diterapkan dalam ekonometrika. Penelitian lanjutan yang dilakukan adalah untuk mengkonfirmasi temuan tersebut dengan membahasnya dalam FGD yang melibatkan para ekonom pertahanan, LSM, akademisi, dan perwakilan lembaga yang terkait dengan perekonomian nasional seperti Bank Indonesia, Kementerian Keuangan, Kementerian Pendidikan, dan Mabes TNI. Kerangka kerja yang digunakan dalam makalah ini mengadopsi beberapa model fungsi produksi neoklasik yang telah dijelaskan oleh beberapa penelitian terkait[27][28][29], di mana rumus fungsi produksi output bruto:

$$d(\ln(Y)) = \ln(Y_{t-1}) + \ln(s) + \ln(g + n + d) + \ln(M) + \ln(M_{t-1})$$

di mana Y adalah PDB, s adalah pembentukan modal tetap domestik bruto, g nilai tambah teknologi di bidang manufaktur, n adalah indeks partisipasi angkatan kerja dan sarjana, dan d adalah deflator PDB. Selain menggunakan model Solow, hubungan antara variabel-variabel tersebut dengan menggunakan pendekatan VAR (*Vector Autoregressive*) dan ARDL (*Autoregressive Distributed Lag*) untuk memahami shock dan pengaruh jangka panjang dari variabel independen terhadap variabel dependen juga diuji.

HASIL DAN DISKUSI

Program produktif belanja pertahanan untuk pertumbuhan ekonomi

Secara teori dan praktik, keamanan nasional merupakan prioritas utama di setiap negara, tetapi pengeluaran militer yang besar dapat menjadi beban yang sangat besar bagi pemerintah dan merugikan kesejahteraan rakyat. Oleh karena itu, diperlukan rencana anggaran militer yang efektif. Selalu ada perdebatan tentang berapa banyak pengeluaran militer yang “memadai”, mengingat setiap uang yang dikeluarkan mempengaruhi pengeluaran publik lainnya[30]. Dalam ekonomi teoretis dengan hanya dua barang, pilihan harus dibuat antara berapa banyak masing-masing untuk diproduksi, kutipan klise: senjata vs mentega[31]. Hasil penelitian sebelumnya tentang hubungan antara pengeluaran militer dan pertumbuhan ekonomi secara umum mengarah pada hasil hubungan positif terkait dengan produktivitas [32]–[34].

Pada Tabel 2 terlihat bahwa hubungan antara belanja pertahanan (m) berpengaruh positif signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi sebesar 11%. Namun, lag dalam pembelanjaan pertahanan (periode sebelumnya) memiliki dampak negatif yang signifikan sebesar 1%. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya [19], [22], [35]. Dengan demikian, ada asumsi bahwa pengeluaran pertahanan pada pertumbuhan ekonomi adalah efek jangka pendek. Untuk itu perlu dilakukan analisis model dinamik lainnya. Sedangkan tentang teknologi dan partisipasi (X) berdampak positif terhadap belanja pertahanan.

Dalam simulasi, ketika X (data partisipasi dan keterlibatan akademisi) dikeluarkan dari model (Tabel 3), efek total belanja pertahanan menjadi negatif (koefisien M menurun dan koefisien negatif M(-1) meningkat). Dimaknai bahwa partisipasi dan keterlibatan akademisi dalam program yang dituangkan dalam pembelanjaan pertahanan menjadi penting. Penafsiran lain adalah bahwa program dalam pembelanjaan pertahanan harus ada dalam konteks mendorong. Hal ini sejalan dengan pendapat sebagian besar ahli bahwa belanja pertahanan akan mendorong pembentukan modal manusia dan penguasaan teknologi yang akan memberikan spin-off dan pada akhirnya menciptakan produktivitas. Namun, beberapa ahli berpikir bahwa efek bersihnya negatif karena masih melalui banyak rantai dampak [36]. Pendapat ini bisa dianulir jika belanja pertahanan sengaja diarahkan untuk mendorong pertumbuhan, misalnya melalui program kolaborasi, pemanfaatan ganda, dan pemberdayaan. Sementara itu, pendapat bahwa efek positif belanja pertahanan hanya mungkin terjadi di negara maju dibantah oleh penelitian yang menemukan dampak langsung stabilitas keamanan terhadap pertumbuhan dimana stabilitas keamanan diklaim sebagai syarat munculnya pertumbuhan ekonomi [21].

Table 1. Solow Model data description

	Y	X=(g+n+d)	S	M
Mean	35.16082	4.748528	33.85404	30.81424
Median	34.83152	4.436316	33.53414	30.41803
Maximum	37.26997	5.533192	36.18468	32.50830
Minimum	33.52303	4.133078	31.73816	29.77575
Std. Dev.	1.170083	0.500916	1.315174	0.818384
Jarque-Bera	4.125876	5.899236	3.284869	8.265233
Probability	0.127080	0.052360	0.193508	0.016041
Sum	1652.558	223.1808	1591.140	1448.269
Sum Sq. Dev.	62.97829	11.54218	79.56535	30.80859

Table 2. Solow Modified Model Result

Dependent Variable: Y
Method: Least Squares
Date: 02/16/22 Time: 09:03
Sample (adjusted): 1975 2020
Included observations: 46 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Y(-1)	0.635527	0.073278	8.672770	0.0000
M	0.111774	0.035668	3.133710	0.0032
M(-1)	-0.097944	0.039280	-2.493475	0.0169
S	0.229109	0.050058	4.576837	0.0000
X	0.261015	0.044090	5.920083	0.0000
C	3.437920	0.591803	5.809227	0.0000

R-squared	0.999221	Mean dependent var	35.19642
Adjusted R-squared	0.999123	S.D. dependent var	1.156985
S.E. of regression	0.034261	Akaike info criterion	-3.788487
Sum squared resid	0.046954	Schwarz criterion	-3.549968
Log likelihood	93.13519	Hannan-Quinn criter.	-3.699136
F-statistic	10255.31	Durbin-Watson stat	1.438013
Prob(F-statistic)	0.000000		

Table 3. The simulation result

Dependent Variable: Y
Method: Least Squares
Date: 02/17/22 Time: 10:46
Sample (adjusted): 1975 2020
Included observations: 46 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Y(-1)	0.753023	0.093054	8.092344	0.0000
M	0.109743	0.048170	2.278226	0.0281
M(-1)	-0.200713	0.042221	-4.753880	0.0000
S	0.171834	0.063695	2.697742	0.0102
DEFLATOR	0.002779	0.000939	2.958475	0.0052
C	5.593840	1.784667	3.134389	0.0032

R-squared	0.998800	Mean dependent var	35.19642
Adjusted R-squared	0.998650	S.D. dependent var	1.156985
S.E. of regression	0.042508	Akaike info criterion	-3.357125
Sum squared resid	0.072278	Schwarz criterion	-3.118606
Log likelihood	83.21387	Hannan-Quinn criter.	-3.267774
F-statistic	6659.290	Durbin-Watson stat	0.946732
Prob(F-statistic)	0.000000		

Dalam menganalisis efek jangka panjang dan guncangan pada pertumbuhan ekonomi yang mungkin terjadi ketika elemen produktivitas, penggunaan ganda dan partisipasi tidak dilibatkan, digunakan pendekatan *Vector Autoregressive* (VAR). Ketika partisipasi angkatan kerja sarjana dikecualikan tampaknya respons pengeluaran pertahanan tidak menyebabkan kejutan terhadap pertumbuhan ekonomi, meskipun ada sedikit efek penurunan di tahun kedua dan mulai tahun ketiga memiliki efek positif yang konstan (Gambar 3).

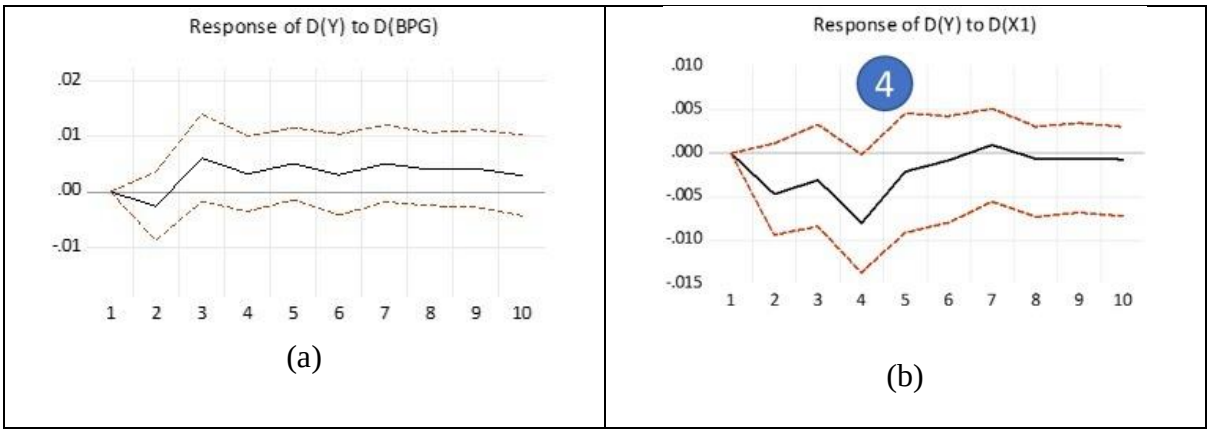

Figure 3. Response of Economic to (a) Defense Spending and (b)

Pada simulasi berikut, modal diganti dengan FDI (*foreign direct investment*), respon pertumbuhan menjadi negatif (<-1%) dan juga tidak menimbulkan shock. Sementara itu, simulasi yang melibatkan daya beli dalam program pertahanan (khususnya terkait dengan kesejahteraan prajurit) menunjukkan bahwa ketika daya beli tetap sama, pertumbuhan ekonomi akan menurun dalam beberapa tahun ke depan. Apalagi jika daya beli turun (Gambar 4a). Kedua, ketika daya beli prajurit menurun, simulasi menunjukkan akan mengurangi pengaruh belanja pertahanan terhadap pertumbuhan ekonomi (Gambar 4b).

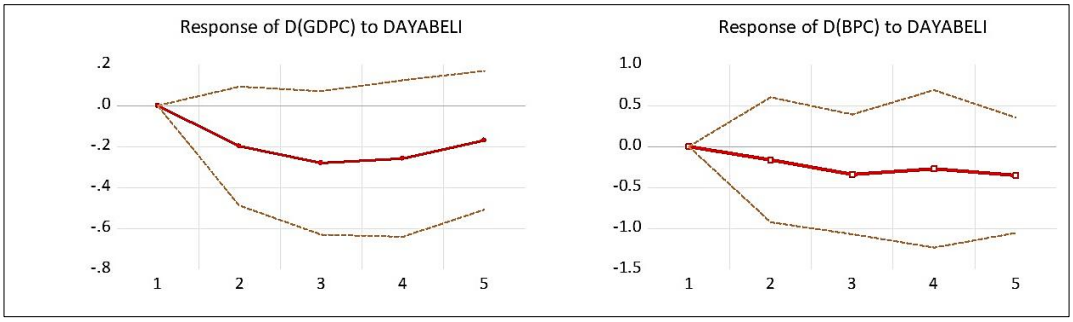

Figure 4. (a) Response of GDP to Purchasing Power; (b) Response of Defense Spending to Purchasing Power

Dalam simulasi sederhana lainnya menggunakan *Ordinary Least Square* (OLS), partisipasi akademik sangat penting. Pada Tabel 4, belanja pertahanan berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi sebesar 21% turun menjadi 6% (selisihnya 15%) bila variabel X tidak dimasukkan. Begitu juga bila menggunakan regresi linier berganda, selisih penurunannya lebih menyeluruh (18%).

Table 4. OLS result

Dependent Variable: Y
Method: Least Squares
Date: 02/19/22 Time: 11:42
Sample (adjusted): 1974 2020
Included observations: 47 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
M	0.209593	0.061485	3.408845	0.0014
S	0.569765	0.081938	6.953638	0.0000
X	0.104576	0.028602	3.656202	0.0007
C	6.863286	0.935750	7.334533	0.0000

R-squared	0.992288	Mean dependent var	35.16082
Adjusted R-squared	0.991750	S.D. dependent var	1.170083
S.E. of regression	0.106276	Akaike info criterion	-1.564286
Sum squared resid	0.485669	Schwarz criterion	-1.406826
Log likelihood	40.76071	Hannan-Quinn criter.	-1.505033
F-statistic	1844.317	Durbin-Watson stat	0.455501
Prob(F-statistic)	0.000000		

Table 5. Simulation result (without S and X)

Dependent Variable: D(Y)
Method: Least Squares
Date: 02/19/22 Time: 15:16
Sample (adjusted): 1975 2020
Included observations: 45 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
M	0.027959	0.006247	4.475455	0.0001
C	-0.781386	0.192695	-4.055038	0.0002

R-squared	0.690949	Mean dependent var	0.080979
Adjusted R-squared	0.676574	S.D. dependent var	0.058665
S.E. of regression	0.033363	Akaike info criterion	-3.899724
Sum squared resid	0.047864	Schwarz criterion	-3.780464
Log likelihood	92.69364	Hannan-Quinn criter.	-3.855048
F-statistic	48.06772	Durbin-Watson stat	1.249578
Prob(F-statistic)	0.000000		

Dari *Focus Group Discussion* tersebut, dapat disimpulkan bahwa keterbatasan yang muncul akibat dampak dari pandemi Covid. Ujung-ujungnya, karena data yang dianalisa adalah data yang tidak memperhitungkan hasil pandemi yang sebenarnya – bahkan data tahun 2021 itu diidentifikasi sebagai outlier, sehingga diperlakukan dengan imputasi. Dengan demikian, produk yang ditafsirkan tidak memperhitungkan efek dari pandemi Covid.

Namun hasil analisis tersebut masih valid untuk membuktikan hipotesis bahwa riset dan teknologi pertahanan berpengaruh positif terhadap kesejahteraan, serta kerjasama riset dan teknologi. Kajian lebih lanjut terkait kolaborasi, di masa pandemi Covid, ada pelajaran nyata bahwa kolaborasi tidak hanya penting tetapi sudah menjadi kebutuhan ketika permasalahan yang muncul tidak bisa lagi ditanggulangi secara sektoral karena keterbatasan SDM, infrastruktur dan teknologi yang belum tersedia. Masalah tersebut akan terus berlanjut di masa mendatang mengingat semakin beragamnya sumber ancaman, seperti ancaman perubahan iklim dan kerusakan lingkungan, sumber energi yang terbatas, dan ketidakstabilan politik di beberapa kawasan di dunia.

Dalam konteks pembelajaran dari pandemi covid, sumber daya seperti rumah sakit umum dan swasta serta fasilitas lainnya terbatas. Dalam konteks itu, jelas bahwa fasilitas kesehatan TNI yang tersebar di seluruh Indonesia telah bertransformasi, dan ditingkatkan kapasitasnya untuk meminimalkan risiko pandemi. Begitu juga anggaran untuk dokter, perawat, apoteker, bahkan pertahanan militer telah diputuskan dialihkan untuk menangani pandemi secara besar-besaran. Apa yang dilakukan di Indonesia juga dilakukan oleh banyak negara. Tapi tetap saja, pandemi telah memakan banyak korban. Hal ini menunjukkan bahwa masih terdapat kekurangan dalam penanganannya, dan mungkin Indonesia masih terlalu ego-sektoral. Namun, pandemi telah memperkuat persepsi Indonesia bahwa ada masalah bersama yang akan terjadi yang harus dibahas dan diselesaikan bersama, baik di tingkat nasional, regional, maupun global. Untuk alasan ini, komunitas strategis harus mengevaluasi prosedur alternatif untuk menyiapkan penyesuaian yang tepat. Banyak sarjana telah menyuarakan ide-ide seperti itu, misalnya, harapan untuk evaluasi kebijakan pertahanan di bawah skenario baru [37], kebutuhan untuk mengembangkan kerangka kerja kolaboratif global besar-besaran untuk penelitian virus [38], dan kebutuhan untuk kolaborasi antara pemangku kepentingan selama dan pascapandemi [39]. Sejalan dengan dorongan para ahli tersebut, Wamenhan RI menyampaikan pentingnya kerjasama untuk melaksanakan program kerja 2022. Terakhir, tulisan ini juga menggarisbawahi pentingnya program kerja dalam dokumen kebijakan selanjutnya dari rencana belanja pertahanan negara bertanda “program kerjasama”.

Selain jenis program kerjasama, upaya selanjutnya yang dibahas adalah penguatan komunitas iptek dan organisasinya. Program utama dalam kebijakan MEF (*Minimum Essential Force*) telah terealisasi 63%, dan diharapkan kebijakan tersebut akan selesai pada tahun 2024. Pengadaan Alutsista merupakan bagian inti dari kebijakan tersebut. Dengan melihat efisiensi biaya operasi, pemeliharaan, pemenuhan suku cadang, dan untuk mengurangi tingkat depresiasi, ada peluang untuk program kolaboratif untuk mempercepat akselerasi Sci Tech dalam program peningkatan kapasitas manusia, seperti penelitian dan pendidikan; dan penyiapan sarana prasarana seperti laboratorium, tempat pendidikan, dan tempat praktek.

Konteks program kerja sama semakin hangat belakangan ini dengan adanya pandemi COVID-19. Sebagian besar pengeluaran pemerintah, termasuk beberapa program pertahanan, telah ditunda dan dialokasikan kembali. Seluruh infrastruktur kesehatan dan tenaga medis militer, termasuk prajurit non-medis, dikerahkan untuk mengatasi pandemi dan menegakkan protokol kesehatan. Dalam kondisi seperti itu, kolaborasi segera terjadi, dan masalah yang sebelumnya tidak terpikirkan muncul, seperti peran antar lembaga yang berpengaruh dan perlunya program kolaboratif yang terencana.

Defense Science and Technology Park (DSTP): sebuah model untuk Komunitas Sains dan Teknologi menuju Inovasi yang Dipercepat

Salah satu ide untuk mempercepat inisiatif kolaboratif adalah dengan mendirikan STP Pertahanan. Ide ini, misalnya, adalah pembangunan depot perawatan alutsista dengan model STP. Ide baru untuk menyatukan depot perawatan peralatan militer dengan adopsi model STP (*Science and Technology Park*) [40] menarik untuk dielaborasi lebih lanjut. Model STP dinilai cocok untuk percepatan peningkatan kapasitas teknologi dan inovasi pertahanan [41], yang umumnya teknologi maju dan relatif mutakhir (bukan teknologi usang). Model ini juga dinilai cocok untuk memberikan kemudahan bagi komunitas Sci Tech karena akan bersifat dual use dan dapat memberdayakan industri kecil (*start-up*) hingga industri pertahanan yang sudah solid. Sebagai catatan, STP telah dicanangkan oleh Pemerintah Indonesia sebagaimana tertuang dalam Rencana Pembangunan Nasional sejak tahun 2015. Pemerintah Indonesia mengumumkan 100 STP pada tahun 2019 meskipun saat ini baru 22 STP yang sedang dikembangkan. STP dimaksudkan

untuk membudayakan IPTEK di Indonesia dan diharapkan dapat menjadi motor penggerak program kerjasama dalam konteks regional. Oleh karena itu, gagasan untuk membangun dan mengembangkan depo pemeliharaan peralatan militer dengan model STP (STP Pertahanan) tidak hanya sesuai dengan rencana pemerintah tetapi juga memiliki efek ganda dalam menyediakan fasilitas perawatan peralatan dual use (militer-sipil), mempercepat diseminasi konten teknologi militer kepada publik, akademisi, industri, dan menjadi wadah bagi Komunitas SciTech untuk berproduksi dan berinteraksi satu sama lain.

Terakhir, perlu ditekankan bahwa program-program produktif yang bercirikan kolaborasi, pemanfaatan ganda, dan pemberdayaan perlu dimasukkan dalam dokumen kebijakan perencanaan agar dapat dilaksanakan sesuai sasarannya. Makalah ini menyoroti konteks kolaborasi, penggunaan ganda, dan pemberdayaan program belanja produktif dalam belanja pertahanan Indonesia ke depan untuk mendukung pertumbuhan ekonomi nasional.

KESIMPULAN

Hubungan antara belanja pertahanan dengan pertumbuhan ekonomi di Indonesia telah dibahas dalam makalah ini. Hubungan yang dibahas juga mencakup banyak aspek seperti PDB, kependudukan, partisipasi angkatan kerja, anggaran R&D nasional, jumlah tentara per seribu penduduk, Manufaktur (nilai tambah), jumlah lulusan universitas per sepuluh ribu penduduk, dan indeks kesejahteraan prajurit. Ditunjukkan bahwa belanja pertahanan di Indonesia berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi sepanjang inisiatif dan program pertahanan memuat karakteristik sebagai berikut: produktivitas, penggunaan ganda, dan pemberdayaan dengan pendekatan triple-helix dan kolaboratif. Namun, lag dalam pembelanjaan pertahanan memiliki dampak negatif yang signifikan sebesar 1%. Dengan demikian, diasumsikan bahwa pengeluaran pertahanan terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia merupakan efek jangka pendek.

Dalam menganalisis dampak jangka panjang dan guncangan terhadap pertumbuhan ekonomi yang mungkin terjadi, digunakan pendekatan Vector Autoregressive (VAR). Ketika partisipasi angkatan kerja sarjana dikecualikan, tampaknya respons pengeluaran pertahanan tidak menyebabkan kejutan terhadap pertumbuhan ekonomi.

Dalam hal pendekatan kolaboratif yang perlu diwujudkan, penting untuk dicatat bahwa kolaborasi antara militer dan organisasi sipil untuk mempercepat inovasi di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi merupakan aspek penting. Berkaitan dengan itu, keberadaan taman ilmu pengetahuan dan teknologi pertahanan di Indonesia diyakini menjadi salah satu solusi untuk mewadahi kerjasama ini. Diharapkan DSTP memiliki efek ganda dalam menyediakan fasilitas pemeliharaan peralatan dual-use (militer-sipil), mempercepat diseminasi konten teknologi militer kepada publik, akademisi, industri, dan menjadi wadah bagi Komunitas Sci Tech untuk memproduksi dan berinteraksi satu sama lain.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Á. R. Vásquez-Urriago, A. Barge-Gil, A. M. Rico, and E. Paraskevopoulou, “The impact of science and technology parks on firms’ product innovation: empirical evidence from Spain,” J. Evol. Econ., vol. 24, no. 4, pp. 835–873, 2014, doi: 10.1007/s00191-013-0337-1.

[2] G. Timperio, S. Tiwari, C. K. Lee, A. Samvedi, and R. de Souza, “Integrated decision support framework for enhancing disaster preparedness: A pilot application in Indonesia,” Int. J. Disaster Risk Reduct., vol. 51, 2020, doi: 10.1016/j.ijdrr.2020.101773.

[3] Y. Rho et al., “Covid-19 international collaborative research by the health insurance review and assessment service using its nationwide real-world data: Database, outcomes, and implications,” J. Prev. Med. Public Heal., vol. 54, no. 1, pp. 8–16, 2021, doi: 10.3961/JPMPH.20.616.

[4] S. Ehlers, M. Regis da Silva, and A. M. Stewart-Ibarra, “Bridging science and policy through collaborative, interdisciplinary global change research in the Americas,” Environmental Development, vol. 38. 2021, doi: 10.1016/j.envdev.2021.100630.

[5] H. Patel, M. Pettitt, and J. R. Wilson, “Factors of collaborative working: A framework for a collaboration model,” Applied Ergonomics, vol. 43, no. 1. pp. 1–26, 2012, doi: 10.1016/j.apergo.2011.04.009.

[6] M. Smolka, “Generative Critique in Interdisciplinary Collaborations: From Critique in and of the Neurosciences to Socio-Technical Integration Research as a Practice of Critique in R(R)I,” Nanoethics, vol. 14, no. 1, pp. 1–19, 2020, doi: 10.1007/s11569-019-00362-3.

[7] H. Liwång, “Defense development: The role of co-creation in filling the gap between policy-makers and technology development,” Technol. Soc., vol. 68, no. August 2021, p. 101913, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.techsoc.2022.101913.

[8] J. E. Hannay and E. Gjørven, “Leveraging network-centric strategic goals in capabilities,” J. Mil. Stud., vol. 0, no. 0, 2021, doi: 10.2478/jms-2021-0001.

[9] D. Akbar, Mariani, W. E. Yudiatmaja, and Edison, “Governance of mangrove restoration and conservation to climate change resilience in Bintan Island,” in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, vol. 824, no. 1, doi: 10.1088/1755-1315/824/1/012048.

[10] M. C. Annosi, F. Brunetta, F. Bimbo, and M. Kostoula, “Digitalization within food supply chains to prevent food waste. Drivers, barriers and collaboration practices,” Ind. Mark. Manag., vol. 93, pp. 208–220, 2021, doi: 10.1016/j.indmarman.2021.01.005.

[11] M. Jackson, R. A. Stewart, K. S. Fielding, J. Cochrane, and C. D. Beal, “Collaborating for sustainable water and energy management: Assessment and categorisation of indigenous involvement in remote Australian communities,” Sustain., vol. 11, no. 2, 2019, doi: 10.3390/su11020427.

[12] A. J. Yeganeh, A. P. McCoy, and T. Schenk, “Determinants of climate change policy adoption: A meta-analysis,” Urban Climate, vol. 31. 2020, doi: 10.1016/j.uclim.2019.100547.

[13] C. Kim, “A review of the deployment programs, impact, and barriers of renewable energy policies in Korea,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 144. 2021, doi: 10.1016/j.rser.2021.110870.

[14] M. Jit, A. Ananthakrishnan, M. McKee, O. J. Wouters, P. Beutels, and Y. Teerawattananon, “Multi-country collaboration in responding to global infectious disease threats: lessons for Europe from the COVID-19 pandemic,” Lancet Reg. Heal. - Eur., vol. 9, p. 100221, 2021, doi: 10.1016/j.lanepe.2021.100221.

[15] G. Caniglia et al., “Transnational collaboration for sustainability in higher education: Lessons from a systematic review,” Journal of Cleaner Production, vol. 168. pp. 764–779, 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.07.256.

[16] M. C. McGuire, “Chapter 21 Economics of Defense in a Globalized World,” Handbook of Defense Economics, vol. 2. pp. 623–648, 2007, doi: 10.1016/S1574-0013(06)02021-7.

[17] kemhan.go.id, “Wamenhan Herindra Soroti Pentingnya Kolaborasi dalam,” Kementerian Pertahanan RI, 2022. https://www.kemhan.go.id/2022/01/19/wamenhan-herindra-soroti-pentingnya-kolaborasi-dalam-upaya-mengupdate-kebijakan-pertahanan-negara.html.

[18] A. Setiadji, Ekonomi Pertahanan Menghadapi Perang Generasi Keenam. Universitas Pertahanan Indonesia, 2020.

[19] M. M. Wing, “Defence spending and employment in Indonesia,” Def. Econ., vol. 3, no. 1, pp. 83–92, Dec. 1991, doi: 10.1080/10430719108404716.

[20] G. E. Saputro, J. Mahroza, and H. Tarigan, “THE IMPACT OF THE MILITARY EXPENDITURE AND SECURITY EXPENDITURE STRUCTURE ON THE SECURITY STABILITY,” J. Pertahanan Media Inf. ttg Kaji. Strateg. Pertahanan yang Mengedepankan Identity, Nasionalism Integr., vol. 6, no. 3, p. 328, 2020, doi: 10.33172/jp.v6i3.930.

[21] T. Chairil, D. Sinaga, and A. Febrianti, “Relationship between Military Expenditure and Economic Growth in ASEAN: Evidence from Indonesia,” JAS (Journal ASEAN Stud., vol. 1, no. 2, p. 90, 2013, doi: 10.21512/jas.v1i2.63.

[22] A. A. Fatah and S. Salihoglu, “A Comparative Study of the Impact of Defense Expenditures on Economic Growth in Indonesia and Turkey,” J. Def. Sci., vol. 15, no. 1, pp. 55–77, 2016, [Online]. Available: http://www.kho.edu.tr/akademik/enstitu/Alp_SAVBEN_dergi/151/3.pdf.

[23] K. Jermsittiparsert, S. Saengchai, C. Boonrattanakittibhumi, and T. Chankoson, “The impact of government expenditures, gross capital formation, trade, and portfolio investment on the economic growth of asean economies,” J. Secur. Sustain. Issues, vol. 9, no. 2, pp. 571–584, 2019, doi: 10.9770/jssi.2019.9.2(16).

[24] R. J. Gordon, “Declining American economic growth despite ongoing innovation,” Explor. Econ. Hist., vol. 69, pp. 1–12, 2018, doi: 10.1016/j.eeh.2018.03.002.

[25] C. I. Jones and P. J. Klenow, “Beyond GDP? Welfare across countries and time,” Am. Econ. Rev., vol. 106, no. 9, pp. 2426–2457, 2016, doi: 10.1257/aer.20110236.

[26] Y. Ge and K. Tang, “Commodity prices and GDP growth,” Int. Rev. Financ. Anal., vol. 71, 2020, doi: 10.1016/j.irfa.2020.101512.

[27] H. Edquist and M. Henrekson, “Swedish lessons: How important are ICT and R&D to economic growth?,” Struct. Chang. Econ. Dyn., vol. 42, pp. 1–12, 2017, doi: https://doi.org/10.1016/j.strueco.2017.05.004.

[28] N. Ben Zeev and E. Pappa, “Multipliers of unexpected increases in defense spending: An empirical investigation,” J. Econ. Dyn. Control, vol. 57, pp. 205–226, 2015, doi: https://doi.org/10.1016/j.jedc.2015.06.004.

[29] R. Herrera and E. Gentilucci, “Military spending, technical progress, and economic growth: a critical overview on mainstream defense economics,” J. Innov. Econ. Manag., vol. n°12, no. 2, pp. 13–35, 2013, doi: 10.3917/jie.012.0013.

[30] E. Benoit, “Growth and Defense in Developing Countries,” Econ. Dev. Cult. Change, vol. 26, no. 2, pp. 271–280, Jan. 1978, doi: 10.1086/451015.

[31] V. Bove, G. Efthyvoulou, and A. Navas, “Political cycles in public expenditure: butter vs guns,” J. Comp. Econ., vol. 45, no. 3, pp. 582–604, 2017, doi: https://doi.org/10.1016/j.jce.2016.03.004.

[32] A. Alptekin and P. Levine, “Military expenditure and economic growth: A meta-analysis,” Eur. J. Polit. Econ., vol. 28, no. 4, pp. 636–650, 2012, doi: 10.1016/j.ejpoleco.2012.07.002.

[33] P.-F. Chen, C.-C. Lee, and Y.-B. Chiu, “The nexus between defense expenditure and economic growth: New global evidence,” Econ. Model., vol. 36, pp. 474–483, Jan. 2014, doi: 10.1016/j.econmod.2013.10.019.

[34] T.-P. Wang, S. H.-P. Shyu, and H.-C. Chou, “The impact of defense expenditure on economic productivity in OECD countries,” Econ. Model., vol. 29, no. 6, pp. 2104–2114, Nov. 2012, doi: 10.1016/j.econmod.2012.06.041.

[35] R. Revika and Y. Yeniwati, “PENGARUH KONSUMSI ENERGI DAN PENGELUARAN PERTAHANAN TERHADAP PERTUMBUHAN EKONOMI DI INDONESIA,” J. Kaji. Ekon. dan Pembang., vol. 1, no. 2, p. 393, 2019, doi: 10.24036/jkep.v1i2.6181.

[36] L. M. Grobar and R. C. Porter, “Benoit Revisited: DEFENSE SPENDING AND ECONOMIC GROWTH IN LDCs,” J. Conflict Resolut., vol. 33, no. 2, pp. 318–345, 1989, doi: 10.1177/0022002789033002007.

[37] F. Hoffman, “National Security in the Post-Pandemic Era,” Orbis, vol. 65, no. 1, pp. 17–45, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.orbis.2020.11.002.

[38] D. Lee, J. Kang, and K. Kim, “Global collaboration research strategies for sustainability in the post COVID-19 era: Analyzing virology-related national-funded projects,” Sustain., vol. 12, no. 16, 2020, doi: 10.3390/su12166561.

[39] D. Lepore, A. Micozzi, and F. Spigarelli, “Industry 4.0 accelerating sustainable manufacturing in the covid-19 era: Assessing the readiness and responsiveness of italian regions,” Sustain., vol. 13, no. 5, pp. 1–19, 2021, doi: 10.3390/su13052670.

[40] A. R. Balle, M. O. Steffen, C. Curado, and M. Oliveira, “Interorganizational knowledge sharing in a science and technology park: the use of knowledge sharing mechanisms,” J. Knowl. Manag., vol. 23, no. 10, pp. 2016–2038, 2019, doi: 10.1108/JKM-05-2018-0328.

TRANSFORMASI ROKET PERTAHANAN RHAN 450 MENUJU RUDAL PERTAHANAN INDONESIA (TINJAUAN DAN ANALISIS LINGKUNGAN TEKNOLOGI)

Arif Nur Hakim[1], Rika Andiarti[1]
[1] Organisasi Penerbangan dan Antariksa Badan Riset dan Inovasi Nasioanal (ORPA - BRIN)

Indonesia memiliki luas wilayah sebesar 5.455.675 km^2 dan 3.544.744 km^2 di antaranya atau 2/3 wilayahnya adalah lautan. Karena mempunyai wilayah yang luas, Indonesia berbatasan dengan banyak negara, walaupun mayoritas negaranya adalah negara anggota ASEAN. Oleh karena itu diperlukan peralatan utama sistem pertahanan dan keamanan yang handal untuk menjaga wilayah perbatasan baik di darat, laut maupun udara. Namun hingga saat ini Indonesia masih memiliki ketergantungan yang tinggi dengan negara lain dalam hal pemenuhan alutsista. Untuk itu perlu dilakukan penguasaan teknologi pertahanan dan pengembangan industri pertahanan nasional dalam rangka kemandirian alutsista.

Komite Kebijakan Industri Pertahanan (KKIP) yang dibentuk melalui Undang Undang Nomor 16 Tahun 2012 tentang Industri Pertahanan telah menyusun tujuh program nasional untuk kemandirian alat utama sistem pertahanan (alutsista) diantaranya adalah program pengembangan roket nasional dan program pengembangan peluru kendali nasional. Diharapkan kontribusi industri pertahanan nasional dalam pemenuhan kebutuhan alutsista bisa mencapai 50%.

Roket sebagai alat utama sistem pertahanan mempunyai daya gempur yang besar untuk meluluh lantakan daerah pertahanan musuh sebelum pasukan TNI mendarat dalam sebuah operasi perang. Roket dengan jangkauan terbang 30 – 50 km dan 100 km sangat dibutuhkan untuk memperkuatpasukan TNI. Dengan meningkatnya eskalasi di wilayah perbatasan negara Republik Indonesia serta memanasnya konflik di Laut China Selatan telah memberikan peluang untuk pemenuhan kebutuhan alutsista berupa roket maupun rudal dengan jangkauan terbang 100 km guna meningkatkan daya serang pasukan TNI.

Disamping itu, berdasarkan Perpres No. 8 tahun 2021, tentang Kebijakan Umum Pertahanan Negara tahun 2020-2024, disebutkan bahwa pembangunan wilayah pertahanan diselenggarakan salah satunya melalui pembangunan wilayah pertahanan di laut dengan meningkatkan kekuatan kapal perang TNI AL dan penempatan peluru kendali di selat strategis (*choke point*) sesuai Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) I-III. Oleh kerena itu, untuk mengatasi keamanan dan pertahanan wilayah laut ini perlu dikembangkan roket pertahanan yang sesuai.

Melalui sejarah panjang, LAPAN yang sekarang telah bergabung dalam BRIN telah berhasil mengembangkan beberapa teknologi kunci peroketan melalui beberapa kegiatan risetnya, di antaranya adalah roket balistik RX-450 dengan jarak jangkau hingga 85 km, roket Kendali RKX-200 dengan pendorong *booster* roket padat dan *sustainer turbojet* yang telah mampu terbang secara *autonomus* hingga kecepatan 250 km/jam. Selain itu, telah dikembangkan juga enjin roket cair yang mampu menghasilkan thrust 900 kgf. Salah satu hasil teknologi peroketan LAPAN RX 122 juga dikembangkan menjadi roket RHAN 122B yang telah memperoleh sertifikasi dan menjadi produk yang siap untuk produksi masal.

Roket padat kaliber 450 mm, RX-450, mulai dimanfaatkan sebagai cikal bakal roket pertahanan RHAN 450 yang dikembangkan bersama Konsorsium Roket Nasional yang terdiri dari BRIN, KEMHAN, PT PINDAD, PT DI, dan PT DAHANA. Pada tahun 2020, roket RX-450 sudah diuji terbang dan memberikan jangkauan 85 Km. Selanjutnya, Balitbang Kemhan Bersama Konsorsium meluncurkan Program RHAN-450-3D yaitu, program roket pertahanan berkaliber 450 mm dengan misi terbang sejauh minimum 100 km melalui optimasi desain RX-450 yang telah berhasil diuji terbang dengan merancang ulang konfigurasi propulsi roket agar mampu menghasilkan kinerja gaya dorong yang mampu mengantarkan roket diatas 100 km.

Proses manufaktur roket yang belum pada tahap skala *mass production* dan industri massal, serta fasilitas manufaktur yang belum sempurna membuat banyak parameter desain tidak terpenuhi (tidak sesuai dengan parameter desain). Ketidaksesuaian antara produksi roket dengan parameter desain yang telah ditentukan, akan mengakibatkan penurunan prestasi terbang roket dan ketidakakuratan prediksi terbang roket. Beberapa

parameter desain yang sangat berpengaruh yang mungkin akan berubah tidak sesuai dengan desain (*uncertainties*) antara lain: *properties* hasil manufaktur propelan yang berubah, ketidaksimetrian aksis gaya dorong roket, ketidakakuratan nilai momen inersia, serta perubahan lokasi CG baik secara axial maupun radial.

Di samping itu, dalam uji coba sesungguhnya di udara, roket bisa saja mengalami gangguan berupa angin yang berubah pada setiap ketinggian baik arah maupun besar kecepatan anginnya. Gangguan angin ini akan mengakibatkan roket terbang melenceng dari trajektori awal yang telah ditentukan.

Kedua hal diatas akan berdampak pada melebarnya titik jatuhan roket di darat dan jauh dari titik sasaran yang dituju. Semakin besar gangguan *uncertainties* dan *trajectory deviation*, maka akan semakin besar pula *circular error probability* dari roket sehingga akan semakin besar *impact point dispersion* titik jatuhan roket dari sasaran. Untuk itulah, roket RHAN-450-3-D ini perlu dilengkapi dengan sistem kontrol agar roket RHAN-450-3D mampu terbang menjangkau sasaran dengan presisi.

Peningkatan akurasi menjangkau sasaran dilakukan dengan cara:

1. Mengurangi pengaruh (reduce sensitivity) dari ketidakpastian parameter,
2. Meluruskan kembali trajektori sesuai dengan referensinya,
3. Mengecilkan penyebaran titik jatuhan yang meleset dari sasaran

Sistem kontrol yang dipilih untuk melengkapi konfigurasi roket pertahanan RHAN-450-3D ini adalah *canard based control surface*, dimana dalam beberapa program pengembangan roket kendali, LAPAN sudah mulai menggunaan canard dalam sistem kendalinya. Pengembangan sistem kontrol tersebut perlu dilakukan secara bertahap. Di tahap awal, pengembangan sistem kontrol akan dilakukan untuk roket dengan ukuran lebih kecil, yaitu RX-200TC yang dikendalikan dengan misi *trajectory correction* untuk meningkatkan akurasi menuju target. Pengembangan sistem kontrol ini berserta sistem avioniknya ini merupakan kelanjutan dari pengembangan model high speed UAV RKX-200TJ yang telah dikembangkan sebelumnya di LAPAN. Setelah semua sistem teruji di roket RX-200TC, kemudian akan diaplikasikan untuk RHAN-450-3D, sehingga RHAN-450-3D menjadi RHAN-450BM (*Ballistic Missile*).

Pengembangan di masa depan setelah mampu menguasai teknologi ballistic missile yang presisi, maka diperlukan pengembangan roket ini menjadi alutsista *Surface to Air Missile (SAM)* misalnya, agar Indonesia yang merupakan negara kepulauan dapat dijaga dengan menggunakan Alutsista mandiri dan menghindari ketergantungan pembelian dari negara lain. *Key Technologies* yang perlu dikuasai untuk SAM ini adalah melengkapi konfigurasi RHAN-450-3-D dengan teknologi *Seeker*, Teknologi INS, *Battery*, serta Propulsi Sustainer padat, propulsi cair, dan Turbojet.

DAFTAR PUSTAKA

I. E. Putro, “Report No. TD-03/GL1/PTR/XII/2020 - RX-450-5 Flight Prediction For Flight Test 2020,” Pustekroket - LAPAN, Bogor, 2020.

C. a. LAPAN, “Technical Report : RX-452 Sounding rocket system concept report,” JD China-Indonesia, Xi'an, 2019.

I. E. Putro, “Report No. TD-02/GL1/PTR/XI/2020- Perhitungan Kinerja Propelan Dan Prediksi Terbang RX-450-5,” Pustekoret - LAPAN, Bogor, 2020.

Eugene L. Fleeman “Tactical Missile Design” 2nd Edition. American Institute of Aeronautics & Astronautics 2006.

Roskam, J., Airplane Flight Dynamics and Automatic Flight Controls, Design, Analysis and Research Corporation : Kansas, 2001

Said D. Jenie., Hari M., Diktat Kuliah Prestasi Terbang, Dinamika Terbang dan Kendali Terbang. ITB 2000

Blakelock, J. H., "Automatic Control of Aircraft and Missiles," 2nd ed., John Wiley and Sons, New York 1991

Nelson, R. C., 1998, "Flight Stability and Automatic Control," 2nd ed., McGraw-Hill New York, pp. 210–215

P. Ravinder Reddy, A. Dhanalaxmi, M. Rakesh, G. Chandramouli., Analysis of Characteristics of Launcher Missile System and Its Optimization to Reduce Tip-Off Effect During Launch

Goldsworthy W. B., Composites, Fabrication in EPSE 2nd ed., Sierakowski
R. L., The Behaviour of Structure Composed of Composite Materials 2nd ed., Kluwer Academic Publishers, Dordrectht, 2002.