

MODEL PEMBANGUNAN SISTEM DAN INDUSTRI TEKNOLOGI ANTARIKSA UNTUK KEPENTINGAN MILITER

Alfred Sitindjak

Pcneliii. Bidang Analisis Sistem Kedirganlaraan, Pussisfogan, LAPAN

ABSTRACT

Space systems and technologies have played unexpectedly important role in supporting military operations. Most observers agree that space systems will become even more important to military operation in the coming years, and some think that space systems will revolutionize warfare. Country (ies) having ideas to use space systems in military operations always prepare exhausted and comprehensive plan, since space systems involve complex technology, new concepts, high casts and risks. For the purpose of military operations, development of space systems take times as long as 20 to 25 years from the statement of idea to actual operational capability.

This paper contains explanations aimed at developing a model, i, e, a hierarchical value model to compare and identify development priority of space systems, which in turn development priority of industries related to space technologies in support of defense system or military operations. Such a value model based on judgments of experts and officials related defense or military operations.

ABSTRAK

Sistem dan teknologi antariksa telah menunjukkan perannya yang sangat besar dalam mendukung operasi militer. Bahkan di masa mendatang, banyak pengamat berpendapat bahwa sistem antariksa akan semakin penting dalam operasi militer, dan sekaligus sistem antariksa akan melakukan perubahan karakteristik peperangan. Setiap negara yang menghendaki untuk menggunakan sistem antariksa dalam operasi militer, umumnya melakukan perencanaan yang matang, karena sistem-sistem antariksa mengandung teknologi yang komplek. konsep-konsep baru, biaya dan risiko tinggi. Khusus untuk kepenlingan militer, pengembangan sistem-sistem antariksa memerlukan waktu 20-25 tahun sejak dari gagasan hingga tercapainya kemampuan operasional secara nyata.

Makalah ini memuat uraian yang ditujukan untuk membangun suatu model, yaitu model nilai dalam bentuk hierarki untuk membandingkan dan mengidentifikasi prioritas pembangunan sistem-sistem antariksa. dan pada gilirannya prioritas pembangunan industri teknologi (antariksa) dalam mendukung sistem pertahanan ataupun operasi militer. Model nilai didasarkan pada banyak periinjangan dari para pakar dan para pejabat berwenang di bidang pertahanan ataupun operasi militer.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Teknologi antariksa rmsmpunyai peran nyata yang sangat besar untuk maksud militer. Peran tersebut dapat bcrlangsung melalui mekanismc destruktif dan mekanismc non destruktif, Negara-negara yang sangat ataupun cukup besar usahanya dalam pengembangan teknologi antariksa untuk kcpentingan militer, secara byrurutan, ialah : Amerika Serikat, Eropa, Rusia, dan sejumlah negara lainnya (a.l. China, Jepang, Israel, India, dan Korea Utara).

Pcnggunaan teknologi antariksa melalui mekanisme destruktif untuk kpcentingan militer ialah pcnggunaan teknologi antariksa yang berupa produk (goods) sebagai sistem

senjata untuk menghancurkan sasaran baik di darat. laut, udara. maupun di antariksa. Produk tersebut ialah roket atau misil balistik, di mana roket dan misil balistik mempunyai kesamaan dalam teknologi. keahlian (expertise), dan fasilitas. Ilustrasi tcntang kesamaan kemampuan dalam teknologi roket dan teknologi misil balisitik ialah bahwa setiap negara yang mempunyai kemampuan dalam membuat roket untuk meluncurkan muatan ke "Low Earth Orbit - LEO" dan "Medium Earth Orbit - MEO" pasti mempunyai kemampuan untuk membuat "intermediate-range ballistic missile - 1RBM" (jarak jangkau antara 500 km sampai 6.000 km). Setiap negara yang mempunyai kemampuan dalam membuat roket untuk meluncurkan muatan ke "geostationary orbit - GSO" pasti mempunyai kemampuan membuat

intercontinental ballistic Missile - ICBM" (jarak jangkauan lebih besar dari 6.000 km). India sendiri pada tahun 1998 telah membuat dan melakukan uji coba IRBM Agni-I (jarak jangkauan 2000 km dengan muatan 1000 kg) dan IRBM Agni-II (jarak jangkauan 2500 km dengan muatan 1000 kg), keduanya didasarkan pada teknologi roket SLV-3 (mampu meluncurkan muatan ke LEO), Iran juga pada pertengahan kedua tahun 2004 telah berhasil melakukan uji coba IRBM (Shahab-4) dengan jarak jangkauan 2000 km, di mana sebagian kandungan teknologinya diperoleh dari Rusia, China, dan Korea Utara. Begitu juga halnya, Pakistan dengan dukungan industri teknologi antariksanya (dan sebagian teknologi

diperoleh dari China dan Korea Utara) telah berhasil meluncurkan IRBM (jarak jangkauan 2000 km) pada tahun 1998.

Penggunaan teknologi antariksa melalui mekanisme non-destruktif untuk kepentingan militer ialah penggunaan produk seperti satelit dalam perencanaan dan dukungan operasi militer. Satelit-satelit yang ditujukan untuk kepentingan sipil (non - military purposes), pada situasi tertentu juga telah dimanfaatkan oleh sejumlah negara untuk kepentingan militer. Dalam perkembangannya, sejumlah negara telah mengandalkan satelit untuk memberikan dukungan dan pelayanan bagi operasi militer yang tadinya diberikan oleh sistem-sistem yang berbasis di darat, laut, dan udara. Peran satelit dalam memberikan dukungan dan pelayanan bagi operasi militer dapat dikelompokkan ke dalam :

- Satelit komunikasi yang dapat memberikan komunikasi yang handal untuk komando dan pengendalian angkatan darat, laut, dan udara pada setiap lokasi dan waktu (siang dan malam);
- Satelit meteorologi yang dapat memberikan informasi cuaca terkini bagi unit-unit tapangan angkatan darat, laut, dan udara;
- Satelit navigasi yang dapat memberikan data posisi lokasi yang akurat (dalam puluhan meter) dari pasukan, kapal laut, dan pesawat terbang;
- Satelit penginderaan jauh (observasi bumi) yang dapat mendeteksi kapal dipermukaan laut/lautan dan kapal selam, persenjataan strategis dan pembangunan fasilitas militer yang baru, dan fasilitas dan peluncuran misil;
- Satelit intelijen sinyal (signals intelligenc

satellites) yang dapat mendeteksi transmisi dari sistem-sistem komunikasi tetap (fixed) dan siaran seperti radio dan radar, yang kemudian diolah dan dianalisis untuk mengetahui sumber dan penerima serta isi dari pesan yang dikomunikasikan.

Sounding roket dari ketinggian yang lebih rendah dari satelit, namun dalam waktu tertentu (terbatas) dapat memberikan dukungan operasi militer seperti yang diberikan oleh satelit penginderaan jauh/pengamatan (surveillance).

Informasi tentang penggunaan satelit intelijen sinyal benar-benar sangat dirahasiakan oleh pemiliknya. Berbeda halnya dengan penggunaan teknologi antariksa lainnya, informasinya relatif terbuka atau mudah diperoleh semua pihak.

Jepang saat ini telah mengoperasikan 2 satelit mata-mata (IGS-Ia dengan resolusi optik 1m dan IGS-Ib dengan resolusi radar 1-3m yang diluncurkan pada tanggal 28 Maret 2003) yang secara khusus ditujukan untuk memantau perkembangan senjata nuklir dan program misil balistik Korea Utara. Pada tanggal 29 September 2003 yang lalu, Jepang telah meluncurkan 2 satelit mata-mata untuk misi yang sama, namun telah mengalami kegagalan pada saat peluncuran.

Pengembangan dan pembuatan 4 satelit mata-mata ini menelan biaya sebesar US\$ 2.27 miliar.

Sistem antariksa untuk militer (ataupun teknologi yang terkandung di dalamnya) telah dimiliki oleh sejumlah negara tertentu. Pada umumnya, negara-negara lain menghadapi berbagai tantangan besar untuk dapat memperoleh sistem antariksa militer tersebut. Tantangan tersebut, antara lain : (i) biaya yang sangat tinggi. (ii) terbentur dengan berbagai larangan pengembangan dan pemilikan senjata serta pembatasan alih teknologi yang ditetapkan sejumlah negara (seperti Missile Technology Control Regime - MTCR), dan (iii) kondisi hubungan luar negeri antara negara pemilik dan negara pembeli sistem antariksa militer tersebut. Seringkali, begitu besarnya tantangan tersebut sehingga negara lain, dengan cara apapun, tidak dimungkinkan memperoleh sistem antariksa militer tersebut dari pemiliknya. Selain itu, perjanjian kontrak pembelian sistem antariksa militer ini, pihak pembeli selalu berada dalam posisi yang lemah. Apabila terjadi masalah dalam realisasi perjanjian

kontrak, pihak pembeli selalu menjadi pihak yang dirugikan.

Untuk mengatasi tantangan besar tersebut di atas, upaya satu-satunya yang paling tepat adalah membangun kapasitas dan kemampuan sendiri dalam sistem antariksa militer tersebut melalui upaya penelitian dan pengembangan (litbang) dan pembangunan industri-industri teknologi antariksa. Dalam membangun kapasitas dan kemampuan dimaksud, tentu terlebih dahulu diidentifikasi sistem-sistem antariksa yang paling efektif berkontribusi untuk kepentingan militer yang diinginkan, baru kemudian menetapkan industri-industri teknologi antariksa yang perlu dibangun dalam menciptakan sistem-sistem antariksa militer dimaksud.

Dalam naskah ini akan dikemukakan suatu studi yang komprehensif tentang model pembangunan kapasitas dan kemampuan dalam sistem antariksa militer. Apabila dalam kajian ini ada kalanya dikemukakan pendapat yang menyangkut kondisi yang terkait dengan Indonesia, pendapat tersebut semata-mata hanya pendapat penulis, dan sama sekali tidak bersumber dari pejabat/pihak yang berkewenangan.

1.2. Tujuan

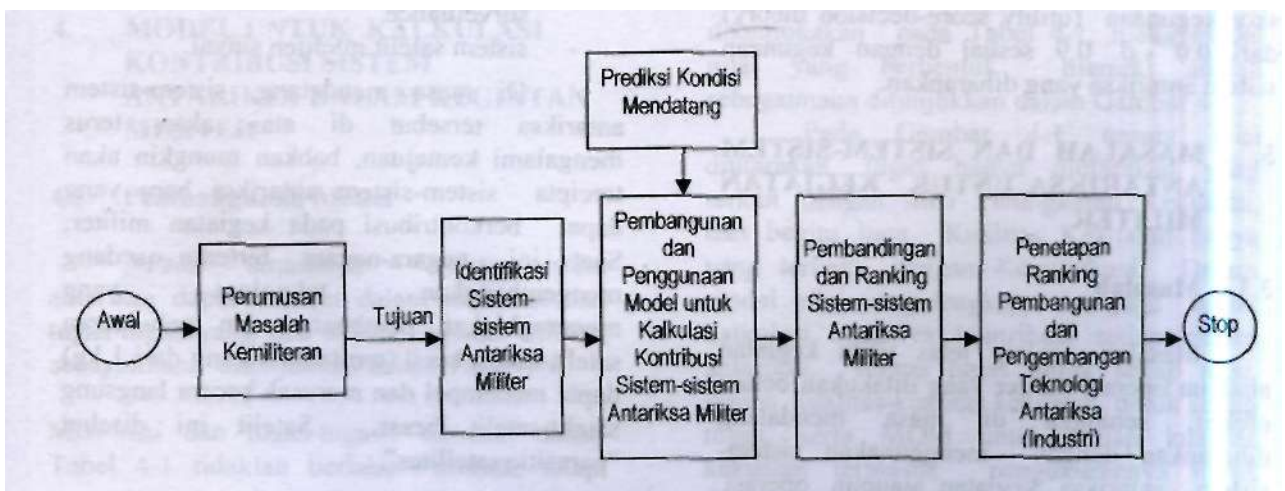
Studi komprehensif yang memuat dalam tulisan ini ditujukan untuk membangun suatu model kuantitatif, di mana output dari model setelah memanipulasi semua input yang

terkait dapat dijadikan sebagai bahan untuk pengambilan keputusan dalam memilih sistem-sistem antariksa yang akan digunakan untuk kepentingan militer. Lebih lanjut, berdasarkan pilihan sistem-sistem antariksa tersebut, akan dapat ditentukan prioritas pembangunan industri teknologi antariksa yang diperlukan.

2. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam studi ini adalah prosedur analisis sistem tanpa loop iterasi. Dalam kaitan ini, maka akan dirumuskan masalah (persoalan) yang dihadapi, tujuan dari penggunaan sistem antariksa untuk kepentingan militer, identifikasi sistem-sistem antariksa yang diperlukan, prediksi/ramalan konteks perseteruan militer dan teknologi antariksa di masa datang, pembangunan dan penggunaan model untuk memprediksi konsekuensi dari sistem-sistem antariksa yang digunakan, perbandingan dan penyusunan ranking dari sistem-sistem antariksa dalam kontribusinya terhadap peningkatan efektivitas operasi militer, dan penelitian untuk pembangunan dan pengembangan berbagai teknologi (litbang dan industri) dilihat dari besarnya ketergantungan sistem-sistem antariksa militer terhadap teknologi-teknologi tersebut.

Prosedur analisis sistem tanpa loop iterasi tersebut ditunjukkan dalam Gambar 2-1.



GAMBAR 2-1 : PROSEDUR ANALISIS SISTEM TANPA LOOP ITERASI DALAM MENENTUKAN KONTRIBUSI SISTEM DAN TEKNOLOGI ANTARIKSA GUNA MENINGKATKAN EFEKTIVITAS KEGIATAN MILITER

Sistem antariksa militer adalah sistem antariksa (di dalamnya terkandung sejumlah teknologi) yang dapat berkontribusi dan meninggalkan efektivitas pelaksanaan tugas-tugas dalam penyienggaraan misi-misi dalam kegiatan alaupun operasi militer. Sistem antariksa, meliputi, antara lain roket, satelit (satelit penginderaan jauh, satelit komunikasi, satelit navigasi, dsb), misil balistik, dan senjata antariksa (senjata energi kinetik dan senjata penabur partikel), dan sistem laser energi tinggi.

Mengingat besarnya kontribusi dan masing-masing sistem antariksa militer akan dibandingkan ataupun ditentukan rankingnya, maka besarnya kontribusi tersebut akan dinyatakan dalam "nilai" tanpa satuan. Sehubungan dengan ini, model untuk kalkulasi kontribusi masing-masing sistem adalah sebuah model nilai (value model) yang berbentuk hierarki. Secara berantai dari atas ke bawah, hierarki dari tujuan keseluruhan penggunaan semua sistem antariksa militer, diturunkan menjadi misi, kemudian setiap misi dijabarkan dalam tugas-tugas, dan setiap tugas dijabarkan lagi ke dalam kualitas kekuatan, dimana kualitas kekuatan dinyatakan dalam ukuran-ukuran manfaat (measures of merit, disingkat MOMs). Setiap misi (M) diberikan bobot dengan harga $0 < M < 1$ dan jumlah seluruh bobot misi yaitu bobot tujuan = 1. Hal yang sama berlaku untuk setiap tugas, lebih lanjut untuk setiap kualitas kekuatan dalam ukuran-ukuran manfaat di mana setiap ukuran manfaat diberi skor kegunaan (utility score-decision theory) dari 0.0 s.d. 0.9 sesuai dengan kegunaan sistem antariksa yang diharapkan.

3. MASALAH DAN SISTEM-SISTEM ANTARIKSA UNTUK KEGIATAN MILITER

3.1. Masalah

Masalah cukup jelas yaitu kegiatan ataupun operasi militer yang dilakukan belum efektif, sehingga di masa mendatang diharapkan dengan menggunakan sistem-sistem antariksa, kegiatan ataupun operasi

militer menjadi lebih efektif. Dalam kaitan ini, maka upaya lebih lanjut untuk mengatasi masalah ini adalah mengidentifikasi dan mengembangkan sistem-sistem antariksa (di dalamnya terkandung berbagai teknologi) yang dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan efektivitas kegiatan ataupun operasi militer.

3.2. Sistem-sistem Antariksa untuk Kegiatan Militer

Setiap negara mempunyai pendapat yang berbeda tentang sistem-sistem antariksa untuk kepentingan militer. Jenis-jenis dari sistem antariksa tersebut ditentukan berdasarkan karakteristik dari kegiatan militer yang akan dilakukan. Namun, pada umumnya, sebagaimana dikemukakan pada butir 1.1. dan butir 2. di atas, sistem-sistem antariksa tersebut, meliputi, antara lain :

- Sistem destruktif:
 - sistem roket
 - sistem misil balistik
 - sistem senjata antariksa (senjata energi kinetik dan senjata penabur partikel)
 - sistem laser energi tinggi
 - sistem "jumping" (pengganggu) frekuensi.
- Sistem non-destruktif:
 - sistem satelit komunikasi
 - sistem satelit meteorologi
 - sistem satelit navigasi
 - sistem satelit penginderaan jauh/surveillance
 - sistem satelit intelijen sinyal.

Di masa mendatang, sistem-sistem antariksa tersebut di atas akan terus mengalami kemajuan, bahkan mungkin akan tercipta sistem-sistem antariksa baru yang dapat berkontribusi pada kegiatan militer. Saat ini, negara-negara tertentu sedang mengembangkan teknologi yang memungkinkan pembuatan dan peluncuran satelit-satelit kecil (terutama kurang dari 1 kg) dapat menempel dan merusak secara langsung satelit-satelit besar. Satelit ini disebut "parasitic satellites".

TABEL4-1 : MISI DAN TUGAS DALAM KEGIATAN MILITER DALAM KAITANNYA DENGAN SISTEM ANTARIKSA

TINGKAT 1 : MISI	TINGKAT 2 : TUGAS
(1)	(2)
<p>Penerapan Kekuatan</p> <p>(Penggunaan kekuatan militer dari antariksa)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pertahanan misil balistik • Pertahanan darat, laut dan udara dari antariksa • Penyorotan kekuatan
<p>Peningkatan Kekuatan</p> <p>(Dukungan berbasis antariksa) terhadap angkatan darat, angkatan laut, angkatan udara dan satuan-satuan lainnya di Bumi</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Komunikasi • Navigasi dan penentuan posisi • Intelijen dan pengintaian • Pengendalian dan pemantauan lingkungan • Pemetaan dan geodesi • Peringatan, pengelolaan, dan diseminasi.
<p>Pengendalian Antariksa</p> <p>(Proteksi wahana antariksa secara damai dan pencegahan penggunaan antariksa untuk maksud bermusuhan)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pengintaian • Proteksi • Penangkalan
<p>Dukungan Antariksa</p> <p>(Yang memungkinkan operasi di antariksa)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Peluncuran • Pengendalian satelit • Logistik

4. MODEL UNTUK KALKULASI KONTRIBUSI SISTEM ANTARIKSA DALAM KEGIATAN MILITER

4.1 Pembangunan Model

Pada umumnya sistem-sistem antariksa dapat berperan dalam misi-misi dan tugas-tugas yang ada dalam kegiatan militer. sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 4-1.

Misi-misi dan tugas-tugas tersebut dalam Tabel 4-1 tidaklah berlaku mutlak, tetapi tergantung dari setiap negara dengan memperhatikan karakteristik, nilai dan prinsip yang terkandung dalam kegiatan militernya.

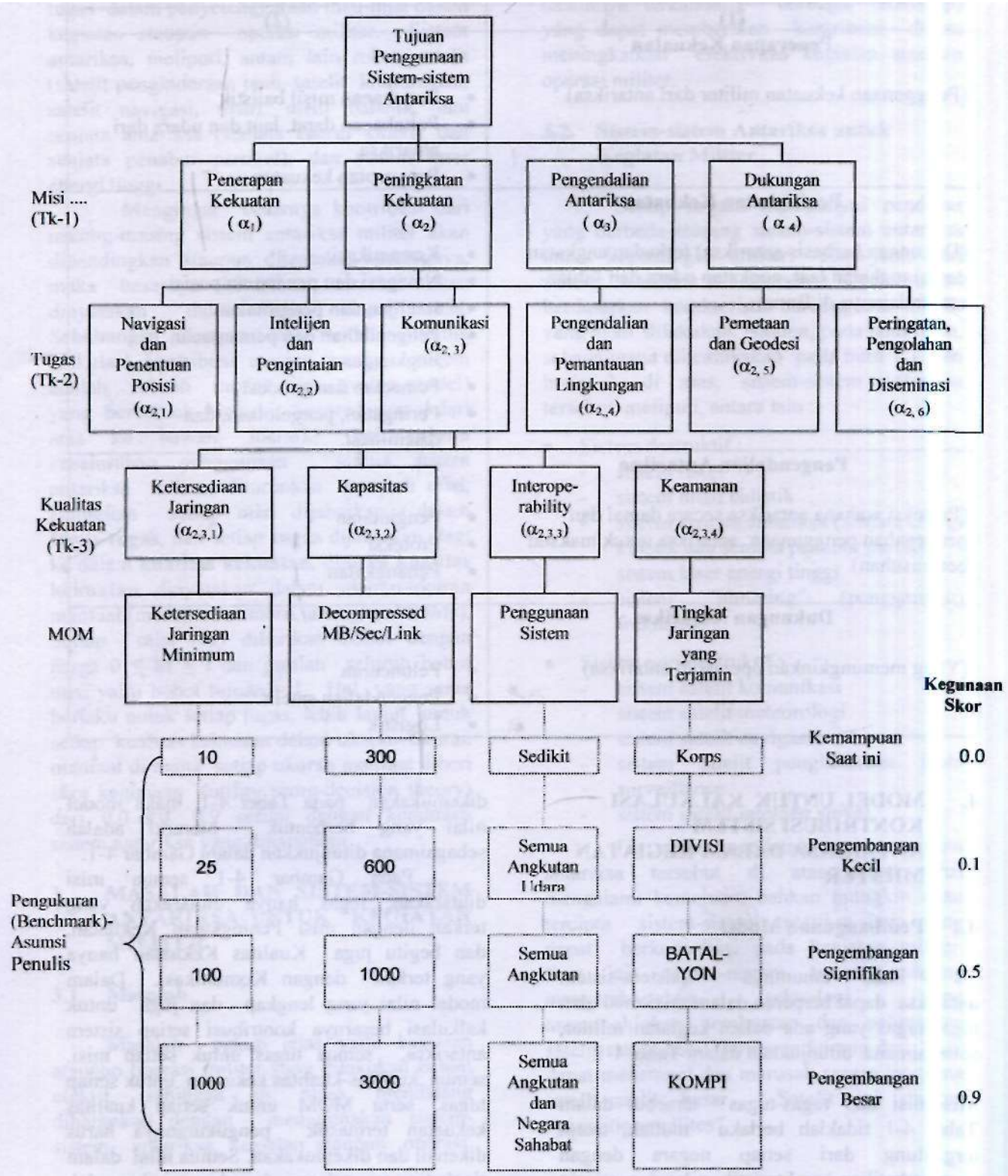
Sebagaimana dikemukakan pada butir 2. (Metodologi) dan dengan mengambil Misi dan Tugas dalam kegiatan mi I iter yang telah

dikemukakan pada label 4-1, maka model nilai yang berbentuk hierarki adalah sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 4-1.

Pada Gambar 4-1 semua misi diutarakan, tugas hanya diutarakan yang terkait dengan misi Peningkatan Kekuatan, dan begitu juga Kualitas Kekuatan hanya yang terkait dengan Komunikasi. Dalam model nilai yang lengkap dan juga untuk kalkulasi besarnya kontribusi setiap sistem antariksa, semua tugas untuk setiap misi, semua kualitas-kualitas kekuatan untuk setiap tugas, serta MOM untuk setiap kualitas kekuatan termasuk pengukurannya harus dikenali dan dikemukakan. Semua nilai dalam tingkatan pengukuran dan skornya hanyalah ilustrasi penulis. Misalnya, penulis mengasumsikan bahwa kualitas kekuatan dari kapasitas komunikasi saat ini adalah 300 megabits per detik per jaringan telekomunikasi

satelit, dan dalam pengembangannya untuk keperluan militer berdasarkan kebutuhan menjadi 600 megabits, 1000 megabits atau 3000 megabits, dan skor kegunaannya secara

berurutan 0.1, 0.5, dan 0.9. Tingkat skor kegunaan ini harus secara konsisten untuk setiap MOM dalam keseluruhan model nilai.



GAMBAR 4-1 : MODEL NILAI (HIERARKI) UNTUK SEMUA MISI ANTARIKSA MILITER

Setelah semua misi, semua tugas untuk setiap misi, semua kualitas kekuatan untuk setiap

tugas, MOM untuk setiap kualitas kekuatan, dan pengukuran (benchmarks) dalam 4

tingkatan (0.0, 0.1, 0.5, dan 0.9) untuk setiap MOM ditetapkan, maka langkah berikutnya, meliputi :

Langkah Pertama

Memberikan bobot untuk masing-masing misi, masing-masing tugas, dan masing-masing kualitas kekuatan. Bobot diberikan/ditetapkan para pakar dan terutama oleh pejabat-pejabat berkewenangan dalam pertahanan keamanan at an pun mil iter. Salah satu referensi pemberian bobot adalah postur pertahanan keamanan yang diinginkan ke depan. Bagi Indonesia, pendapat penulis, tentu selain mengacu pada Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) berdasarkan Keppres No.7 Tahun 2004-2009 khususnya yang terkait dengan "Peningkatan Kemampuan Pertahanan Negara", juga perlu memperhatikan peristiwa-peristiwa yang pernah dialami bangsa Indonesia. Peristiwa-peristiwa tersebut salah satunya adalah penerbangan pesawat F-18 Harnet USAF di atas Pulau Bawean, tanggal 3 Juli 2003, yang tentunya hal ini merupakan pelanggaran terhadap kedaulatan wilayah udara nasional. Apabila hal seperti ini menjadi keprihatinan yang besar bagi bangsa Indonesia dan hal itu diharapkan tidak terjadi lagi ke depan, maka bobot untuk misi "Penerapan Kekuatan" dan misi "Peningkatan Kekuatan" akan lebih besar dari bobot misi lainnya.

Mengacu pada model nilai (Gambar 4-1), misal sistem pertahanan keamanan/militer meliputi n misi, yaitu M_1, M_2, \dots, M_n atau $M_i, i = 1, \dots, n$, dan bobot untuk masing-masing misi secara berurutan $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ atau $\alpha_i, i = 1, 2, \dots, n$, maka :

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, 0 \leq \alpha_i \leq 1, i = 1, \dots, n \dots (4-1)$$

Hal yang sama berlaku untuk setiap misi, dan apabila misi M_i terdiri dari n_i tugas ($T_{i,j}, j=1, \dots, n_i$) serta bobot masing-masing tugas dari M_i adalah $\alpha_{i,j}, j = 1, \dots, n_i$, maka

$$\sum_{j=1}^{n_i} \alpha_{i,j} = 1, 0 \leq \alpha_{i,j} \leq 1, j = 1, \dots, n_i, i = 1, \dots, n \dots (4-2)$$

Dengan menerapkan prosedur yang sama, tugas, $T_{i,j}$ terdiri dari $n_{i,j}$ kualitas kekuatan ($K_{i,j,k}, k = 1, \dots, n_{i,j}$) dan bobot untuk setiap $K_{i,j,k}$ adalah $\alpha_{i,j,k}, k=1, \dots, n_{i,j}$, maka :

$$\sum_{k=1}^{n_{i,j}} \alpha_{i,j,k} = 1, 0 \leq \alpha_{i,j,k} \leq 1, k=1, \dots, n_{i,j} \dots (4-3)$$

Jumlah kualitas kekuatan, dengan mengikuti penjabaran dari misi ke tugas hingga ke kualitas kekuatan di atas, adalah:

$$N = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} n_{i,j} \dots (4-4)$$

Keterangan : n, n_j , dan $n_{i,j}$ ditetapkan oleh tim pakar di bidang keantariksaan (sistem dan teknologi antariksa).

Langkah Kedua

Setiap sistem antariksa, kontribusinya dalam tneningkatkan efektivitas kegiatan ataupun operasi militer dihitung dengan mengikuti prosedur secara hierarki dari model nilai, sebagai berikut:

Diawali dengan menetapkan besarnya MOM (0.0, 0.1, 0.5, atau 0.9) dari setiap sistem antariksa untuk setiap kualitas kekuatan. Kemudian dihitung kegunaan dari seluruh kualitas kekuatan dalam setiap tugas yang mencakup kualitas-kualitas kegunaan tersebut dengan menggunakan bobot-bobot yang telah diberikan pada setiap kekuatan. Berdasarkan besarnya kegunaan pada setiap tugas, maka lebih lanjut dihitung besarnya kegunaan pada setiap misi. Terakhir adalah menghitung besarnya kontribusi dari setiap sistem antariksa dalam kegiatan ataupun operasi militer dengan menjumlahkan kegunaan dari setiap misi dikalikan dengan bobot masing-masing misi yang telah diberikan.

Secara matematik langkah kedua tersebut di atas dapat dinyatakan sebagai berikut :

Misalkan banyaknya sistem antariksa yang dipertimbangkan untuk meningkatkan efektivitas operasi militer $= 1, 1 = 1, \dots, m$

Kegunaan dari sistem antariksa yang ke - l (SA_l) dalam kualitas kekuatan K_{i,j,k} dinyatakan dengan MOM (i,j,k,l), maka :

$$MOM = \begin{cases} 0.0, \text{kemampuan saat ini (tidak diperlukan pengembangan)} \\ 0.1, \text{pengembangan kecil} \\ 0.5, \text{pengembangan signifikan} \\ 0.9, \text{pengembangan besar} \end{cases} \text{----- (4-5)}$$

Jika kegunaan dari sistem antariksa yang ke - l dalam tugas T_{ij} dinyatakan dengan : UT_{ij}(l) maka :

$$UT_{ij}(l) = \sum_{k=1}^{n_{i,j}} \left\{ \alpha_{i,j,k} \cdot MOM(i,j,k,l) \right\} \text{--- (4-6)}$$

Jika kegunaan dari sistem antariksa yang ke - l dalam misi M_i dinyatakan dengan UM_i(l), maka :

$$UM_i(l) = \sum_{j=1}^{n_i} (\alpha_{i,j}) \left\{ UT_{ij}(l) \right\} \text{--- (4-7)}$$

Akhirnya, jika seluruh kegunaan (kontribusi) dari sistem antariksa yang ke-l dalam kegiatan ataupun operasi militer dinyatakan dengan USA (l), maka :

$$USA(l) = \sum_{i=1}^n (\alpha_i) UM_i(l) \text{----- (4-8)}$$

Dalam membangun/mengembangkan model nilai tersebut, kajian mengasumsikan bahwa tidak ada interaksi di antara sesama misi, tugas dan kualitas kekuatan. Artinya pembangunan/ pengembangan model telah berlangsung dalam kondisi bebas (independent) secara aditif. Dengan kata lain model nilai adalah linier.

Mungkin, atau bahkan sering terjadi, adanya interaksi antar misi. Misalnya, misi "Dukungan Antariksa" yang mengandung tugas "Peluncuran" tentu akan mempengaruhi misi lainnya. Dalam kondisi seperti ini, model-model nilai yang digunakan adalah model nilai multi-linier atau model nilai

multiplikatif. Menurut Keeney dan Raiffa 1976, hasil (outputs) dari model nilai linier, model nilai multi-linier, dan model nilai multiplikatif tidaklah begitu berbeda satu sama lain. Oleh karena itu, model nilai linier dianggap "valid" dan paling sedikit merupakan pendekatan (approach) pertama yang dapat digunakan dalam menentukan besarnya kontribusi setiap sistem antariksa dalam meningkatkan efektivitas kegiatan/ operasi militer.

Contoh Penerapan Model Nilai

Dalam penerapan model nilai ini, penulis hanya membuat asumsi-asumsi dalam model nilai yang dikemukakan dalam Gambar 4-1, sebagai berikut ini.

Bobot dari misi-misi operasi militer:

$$\alpha_1=0.19, \alpha_2=0.37, \alpha_3=0.22, \alpha_4=0.22 \rightarrow$$

$$n=4 \\ \sum_{i=1}^4 \alpha_i = 1.00$$

Bobot dari setiap tugas dalam misi "Peningkatan Kekuatan" = M₂ =

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{2,1} = 0.20, \alpha_{2,2} = 0.25, \alpha_{2,3} = 0.22 \\ \alpha_{2,4} = 0.07, \alpha_{2,5} = 0.07, \alpha_{2,6} = 0.18 \end{aligned} \right\}$$

$$\text{atau } \sum_{j=1}^{n_i} \alpha_{i,j} = 1.00, \text{ untuk } i = 2, j = 1, \dots, 6.$$

Bobot dari setiap kualitas kekuatan dalam tugas "Komunikasi" :

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{2,3,1} = 0.35, \alpha_{2,3,2} = 0.35 \\ \alpha_{2,3,3} = 0.20, \alpha_{2,3,4} = 0.10 \end{aligned} \right\} \rightarrow$$

$$\sum_{k=1}^{n_{i,j}} \alpha_{i,j,k} = 1.00, \text{ untuk } i = 2, j = 3.$$

Misalkan, yang akan diukur adalah kontribusi dari sistem komunikasi satelit dan diharapkan diakhir kurun waktu tertentu ke depan :

- Kualitas kekuatan "Ketersediaan Jaringan Minimum" = 100 jaringan -> MOM (2,3,1,1) = 0.5

- Kualitas kekuatan “Kapasitas” = 100 MB/Sec/Link → MOM (2,3,2, 1) = 0.1
- Kualitas kekuatan “Interoperability” = semua Angkatan → M (2,3,3,1) = 0.5
- Kualitas kekuatan “Tingkat Jaringan Terjamin” = Batalyon → MOM (2,3,4, 1) = 0.5

Dengan memasukkan besarnya harga-harga MOM dan bobot-bobot di atas, maka diperoleh :

- Kegunaan dari sistem komunikasi satelit pada tugas “Komunikasi” dari misi “Peningkatan Kekuatan” :

$$\begin{aligned}
 & UT_{2,3}(\text{Sistem Komunikasi Satelit}) = \\
 & (\alpha_{2,3,1}) \{MOM (2,3,1, \text{sistem komunikasi satelit})\} \\
 & + \alpha_{2,3,2} \{MOM (2,3,2, \text{sistem komunikasi satelit})\} \\
 & + \alpha_{2,3,3} \{MOM (2,3,3, \text{sistem komunikasi satelit})\} \\
 & + \alpha_{2,3,4} \{MOM (2,3,4, \text{sistem komunikasi satelit})\} \\
 & = (0.35) (0.5) + (0.35) (0.1) + (0.20) (0.5) \\
 & + (0.10) (0.5) = \mathbf{0.36}
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan besarnya kegunaan dari sistem komunikasi satelit pada misi "Peningkatan Kekuatan", diperlukan perhitungan untuk tugas-tugas lain (diluar tugas "Komunikasi")- Begitu seterusnya, seandainya kegunaan dari sistem komunikasi satelit telah ditentukan untuk misi "Peningkatan Kekuatan", maka diperlukan perhitungan untuk misi-misi lainnya, dan akhirnya diperoleh besarnya kontribusi sistem komunikasi satelit dalam operasi militer ke depan. Dalam tulisan ini, perhitungan yang lengkap tidak disajikan, tetapi uraian di atas dianggap cukup jelas untuk penerapan/aplikasi model.

Mengingat bahwa $0 < MOM < 1$, maka jelas bahwa besarnya kontribusi setiap sistem antariksa yang akan digunakan dalam operasi militer berada di antara 0 dan 1 atau $0 < USA < 1$.

4.2. Ranking

Setelah dihitung besarnya kontribusi dari setiap Sistem Antariksa (USA) dalam meningkatkan efektivitas operasi militer dengan menggunakan model nilai tersebut di atas, langkah selanjutnya adalah menyusun daftar dari sistem-sistem antariksa tersebut berdasarkan urutan besar kontribusinya. Daftar tersebut akan digunakan oleh pejabat berwenang dalam pertahanan/operasi militer untuk menentukan prioritas pembangunan sistem-sistem antariksa yang diperlukan sesuai urutan besarnya kontribusi dari sistem-sistem antariksa tersebut.

5. PEMBANGUNAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI TEKNOLOGI ANTARIKSA UNTUK KEPERLUAN MILITER

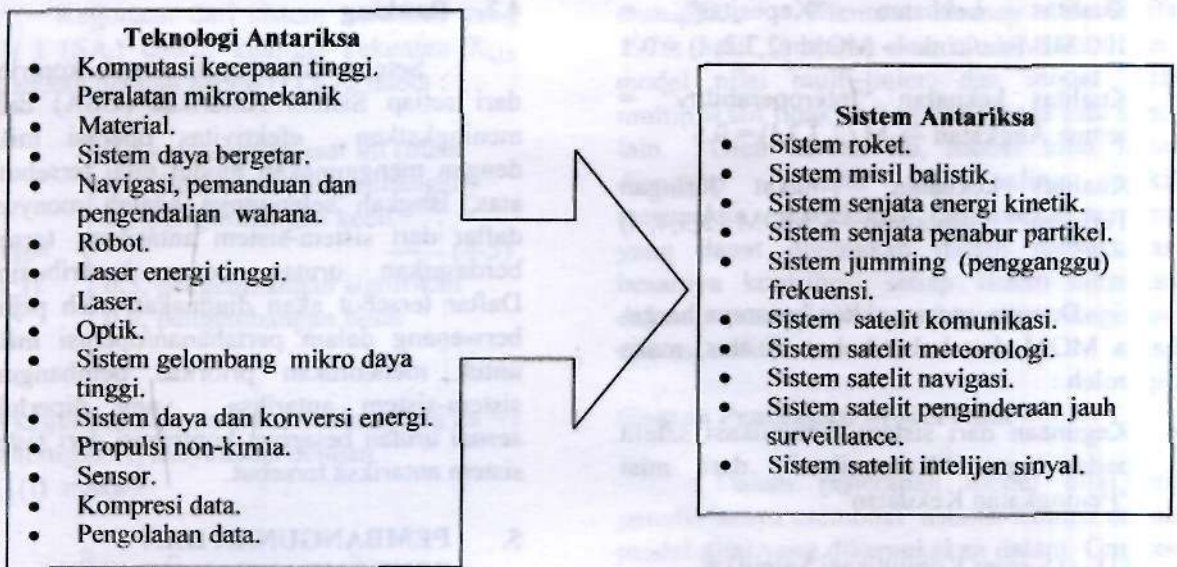
5.1. Teknologi Antariksa

Suatu sistem antariksa adalah suatu sistem terintegrasi dari berbagai teknologi untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Berdasarkan pemahaman ini maka apabila suatu sistem antariksa ingin dibangun/dikembangkan, maka yang dibangun/dikembangkan adalah industri untuk menghasilkan teknologi (yang kadang-kadang harus didahului litbang).

Dengan mengutip daftar teknologi (selanjutnya disebut teknologi antariksa) dalam berbagai publikasi, teknologi antariksa yang secara potensial terkait dengan sistem-sistem antariksa ditunjukkan dalam Gambar 5-1.

5.2. Ketergantungan Operasi Militer Terhadap Teknologi Antariksa dan Pembangunan Industrinya

Prioritas pembangunan/pengembangan sistem antariksa telah ditetapkan berdasarkan urutan besarnya skor kontribusi terhadap operasi militer (output dari model nilai). Lebih lanjut akan ditentukan prioritas pembangunan teknologi antariksa melalui industri.



GAMBAR 5-1. : TEKNOLOGI ANTARIKSA DALAM KANDUNGAN SISTEM ANTARIKSA

Catatan : Sistem dan teknologi antariksa tersebut hanyalah semata-mata didasarkan pada pengetahuan penulsa (dan cenderung sebagai contoh) yang masih perlu diverifikasi oleh para pakar terkait.

Prioritas pembangunan teknologi antariksa ini ditentukan berdasarkan besarnya skor ketergantungan sistem-sistem antariksa yang akan digunakan terhadap teknologi antariksa tersebut.

Secara kuantitatif, penentuan prioritas pembangunan teknologi antariksa dan pada gilirannya untuk pembangunan industri dilakukan melalui langkah-langkah berikut ini:

Pertama

Menentukan kontribusi sistem (SA) yang ke-1 terhadap operasi militer sebagaimana dinyatakan dengan (4-8).

Kedua

Menentukan besarnya ketergantungan dari setiap sistem antariksa (l=1,2,...,m) terhadap setiap teknologi antariksa (t = 1,2,...,p), dinyatakan dengan $\beta_{l,t}$. Dalam kaitan ini,

$$0 \leq \beta_{l,t} \leq 1 \text{ dan } 0 \leq \sum_{l=1}^m \beta_{l,t} \leq 1.$$

Lebih lanjut, menentukan besarnya ketergantungan seluruh sistem antariksa (operasi militer) terhadap setiap teknologi antariksa, dinyatakan dengan B_t . Dengan memperhatikan kontribusi dari setiap sistem antariksa terhadap operasi militer yang

dinyatakan dengan (4-8), maka skor ketergantungan operasi militer terhadap setiap teknologi antariksa = B_t dapat dinyatakan dengan :

$$B_t = \sum_{l=1}^m \beta_{l,t} \{ \text{USA (l)} \} \text{-----(5-1)}$$

Keterangan : t = 1,2, -----,p

Contoh

Misalnya, kontribusi sistem antariksa "sistem roket" dan "sistem senjata energi kinetik" terhadap operasi militer setelah dihitung dengan (4-8), secara berurutan adalah 0.18 dan 0.12, dan berdasarkan konvergensi pendapat para pakar bahwa "sistem roket" dan "sistem senjata energi kinetik" mempunyai ketergantungan terhadap teknologi antariksa "material", secara berurutan adalah 30% dan 10%. Sedangkan sistem-sistem antariksa lainnya tidak mempunyai ketergantungan terhadap teknologi antariksa "material" tersebut. Dari data (misal) ini, maka besarnya skor ketergantungan operasi militer terhadap teknologi antariksa "material" adalah :

$$B_t = \sum_{l=1}^m \beta_{l,t} \{ \text{USA (l)} \} = (0.18) (30\%) + (0.12) (10\%) = 6.6\%$$

Ketiga

Skor ketergantungan operasi militer dihitung terhadap setiap teknologi antariksa dengan (5-1). Lebih lanjut, skor ketergantungan diranking (diurutkan) dari yang terbesar ke terkecil, dan urutan ini menyatakan prioritas dari yang tertinggi ke terendah dalam pembangunan/pengembangan industri teknologi antariksa bagi sistem-sistem antariksa untuk keperluan pertahanan ataupun operasi militer.

6. ANALISIS

Analisis yang dimaksudkan di sini adalah suatu tinjauan dan komentar terhadap model yang disajikan, analisis sensitivitas dan interpretasi hasil (outputs) dari model.

6.1. Tinjauan Terhadap Model

Pembangunan/pembentukan model nilai dan berlanjut dengan abstraksi secara kuantitatif dalam menentukan besar skor ketergantungan operasi militer terhadap berbagai teknologi antariksa dan prioritas pembangunan industrinya sangat tergantung pada pengetahuan dan visi ke depan tentang karakteristik operasi militer di masa datang dan kaitannya dengan sistem dan teknologi antariksa. Sehubungan dengan ini model akan cukup "credible", hanya apabila model dibangun oleh suatu tim pakar yang terdiri dari para tenaga profesional dalam pertahanan/kemiliteran, sistem dan teknologi antariksa serta industri terkait, dan abstraksi secara kuantitatif/matematik kondisi keamanan nasional, regional dan global. Selain itu, tim pakar dimaksud harus secara ketat berada di bawah supervisi dari para pejabat berkewenangan di bidang pertahanan/ militer.

Model tergantung dari berbagai misi, yang kemudian diturunkan pada tugas, berlanjut pada kualitas kekuatan yang diukur dengan skor kegunaan (utility scores) dan diberikan bobot-bobot (judgments). Mengingat kualitas kekuatan untuk suatu sistem pertahanan/ kemiliteran sangat besar jumlahnya (mungkin terdapat kualitas kekuatan lebih dari 100), maka perhitungan dengan menggunakan model akan berlangsung berulang kali hingga dihasilkan besarnya kontribusi setiap sistem antariksa dalam operasi militer, skor ketergantungan operasi militer terhadap setiap teknologi

antariksa dan prioritas pembangunan industrinya. Misalnya, suatu sistem pertahanan/kemiliteran mengandung 100 kualitas kekuatan dan 20 sistem antariksa yang dianggap dapat berkontribusi, maka diperlukan penentuan harga untuk 2000 kualitas kekuatan. Agar luaran (outputs) dari model cukup akurat dan dapat dipertanggungjawabkan, pemberian bobot (misi, tugas, kualitas kekuatan), perhitungan secara berulang kali, dan penetapan MOMs harus dilakukan dengan cara yang konsisten oleh semua anggota Tim dan pengguna Model.

Model adalah linier. Walaupun, sebagaimana dinyatakan dalam butir 4.1 bahwa model nilai linier, model multi-linier dan model multiplikatif tidak akan memberikan luaran (outputs) yang berbeda secara signifikan, namun tetap harus diwaspadai penggunaan model nilai (linier). Dalam hal terdapat interaksi yang sangat signifikan antar misi, antar tugas, dan antar kualitas kekuatan, maka model harus dimodifikasi menjadi multi-linier atau multiplikatif. Mengenai besarnya interaksi ini, Tim harus berkonsultasi atau meminta pendapat dari para pejabat berkewenangan dengan pertahanan/kemiliteran.

6.2. Analisis Sensitivitas

Hal yang sangat kritis dalam model adalah pemberian besarnya (harga) bobot-bobot dalam model nilai (misi, tugas dan kualitas kekuatan) dan skor ketergantungan suatu sistem antariksa terhadap setiap teknologi antariksa. Sebagaimana dikemukakan di atas, besarnya bobot ditentukan oleh karakteristik operasi militer di masa datang dan kaitannya dengan penggunaan sistem-sistem antariksa, dan gilirannya dengan teknologi antariksa.

Analisis sensitivitas di sini dikaitkan dengan upaya untuk memperoleh model yang akurat, dan tentunya terkait dengan besarnya (harga) bobot-bobot yang diberikan. Untuk memperoleh model yang akurat, maka perlu dibentuk 4 kelompok bebas (tidak saling mempengaruhi) untuk penetapan bobot, yaitu :

Kelompok Pertama, terdiri dari Tim Pakar (pembangun model).

Kelompok Kedua, terdiri dari para pejabat berkewenangan dan pengambil keputusan di bidang pertahanan/ kemiliteran.

Kelompok Ketiga, terdiri dari para pakar sistem dan teknologi antariksa serta wakil-wakil industri terkait.

Kelompok Keempat, terdiri dari masyarakat sipil (yang memahami sampai tingkat tertentu isu pertahanan/kemiliteran).

Masing-masing kelompok tersebut diminta untuk memberikan bobot-bobot. Apabila luaran (outputs) model dengan menggunakan bobot-bobot yang diberikan oleh Kelompok Kedua, Ketiga dan Keempat berbeda cukup signifikan dengan hasil (outputs) model yang menggunakan bobot dari Kelompok Pertama, maka Kelompok Pertama (Tim Pakar pembangun model) harus berkonsultasi dengan masing-masing

Kelompok Kedua, Ketiga, dan Keempat secara terpisah dan berulang kali (sejauh hal itu diperlukan), hingga diperoleh hasil (outputs) yang sama atau berbeda secara tidak signifikan.

6.2. Interpretasi Luaran (Outputs) Model

Model dibangun oleh Tim Pakar di bawah supervisi para pejabat berwenangan di bidang pertahanan/kemiliteran melalui proses yang cukup panjang dan konsisten. Tidak dapat dibantah bahwa luaran (outputs) model adalah subyektif, karena pemberian harga bobot-bobot dalam model didasarkan pada intuisi. Namun, karena intuisi tersebut bersumber dari pakar (orang-orang profesional) dan juga dengan memperhatikan proses dalam pembangunan model, maka diyakini bahwa luaran (outputs) model adalah "credible". Paling sedikit, luaran model (dan dengan sendirinya model) merupakan pendekatan pertama dalam pembangunan sistem dan industri teknologi antariksa untuk kepentingan pertahanan/kemiliteran.

Luaran model nilai berupa besarnya kontribusi dari setiap sistem antariksa terhadap pertahanan/kemiliteran tentu masih perlu diverifikasi. Verifikasi dilakukan dengan cara membandingkan besarnya kontribusi dari setiap sistem antariksa dengan peran dari sistem antariksa tersebut dalam setiap misi dalam pertahanan/kemiliteran. Perbandingan dimulai dari sistem antariksa dengan kontribusi tertinggi hingga terendah. Suatu sistem antariksa yang oleh model nilai memperoleh kontribusi tertinggi dapat ditrima, apabila dapat diyakini bahwa sistem antariksa tersebut memang mempunyai peran

besar dalam suatu misi militer dengan bobot tertinggi ataupun mempunyai peran signifikan dalam semua misi militer. Demikian pula halnya dengan sistem antariksa dengan kontribusi terkecil (luaran model nilai). Apabila besarnya kontribusi (luaran model nilai) sangat diragukan, maka model harus dinyatakan tidak "valid". Dalam hal seperti ini, pembangunan kembali ataupun penyempurnaan model harus dilakukan.

Selain dengan cara-cara dalam verifikasi tersebut di atas, juga dapat dilakukan dengan cara lain, yaitu mengelompokkan sistem-sistem antariksa dalam 3 atau 4 skala (s). Dalam hal 4 skala, maka sistem antariksa, sesuai dengan besarnya kontribusi, dikelompokkan dalam $0.0 < s_1 < 2.5$, $2.5 < s_2 < 5.0$, $0.5 < s^* < 7.5$ dan $7.5 < s < 1.0$. Sistem-sistem antariksa dalam suatu skala tertentu harus dapat diyakini bahwa sistem-sistem tersebut memang mempunyai peran kurang lebih sama atau peran dengan perbedaan yang tidak signifikan dalam misi-misi

pertahanan/kemiliteran. Apabila peran-peran tersebut diyakini berbeda secara signifikan, maka model nilai harus dianggap tidak "valid", dan tentu model nilai harus dibangun kembali.

Sebagaimana dikemukakan dalam butir 2. Metodologi, dalam kajian bahwa metodologi yang digunakan adalah prosedur analisis sistem tanpa loop iterasi. Dengan menerapkan prosedur ini, tentunya tidak diharapkan terjadi pembangunan ataupun penyempurnaan model nilai secara berulang. Artinya, verifikasi dengan cara-cara tersebut di atas, langsung memberikan keyakinan bahwa model adalah "valid". Dalam kaitan ini model telah dibangun melalui proses cukup panjang dan konsisten dalam pemberian harga bobot berdasarkan intuisi yang bersumber dari pakar profesional dengan langkah-langkah sebagaimana dikemukakan pada butir 6.2. di atas.

Verifikasi dengan salah satu atau kedua cara di atas mutlak diperlukan untuk menguji validitas model. Dalam kedua cara tersebut di atas, telah muncul kata-kata "dapat diyakini". Pertanyaan yang timbul adalah "tool" apa yang harus digunakan agar besarnya kontribusi setiap sistem antariksa (luaran model) "dapat diyakini" karena benar-benar. "Tool" dimaksud tentunya adalah bahwa Tim Pakar (pembangun model) telah mempunyai daftar umt besarnya

kontribusi setiap sistem antariksa yang diharapkan dapat berperan dalam meninggalkan efektivitas kegiatan pertahanan/operasi militer. Daftar ini bersumber dari para pejabat berkewenangan dalam perlahanan/kemiliteran. Untuk mencegah terjadinya model nilai yang "biased", Tim pakar dalam membangun model haruslah bebas dari pengaruh daftar tersebut.

Model, apabila diterima oleh pihak berkewenangan, dalam implementasi luarannya memerlukan waktu cukup lama ke depan (20 s.d. 25 tahun). Dalam waktu yang cukup lama seperti ini, karakteristik pertahanan/operasi militer sulit dikenali/ditentukan dan mungkin ada yang tergantung dari teknologi antariksa yang belum ada saat ini. Selain itu, biaya yang diperlukan untuk pengembangan sistem-sistem antariksa dan kemungkinan terwujudnya sistem-sistem tersebut dalam 20 s.d. 25 tahun ke depan tidak diperhitungkan dalam model. Semuanya hal ini, tentu berpengaruh dalam tingkat validitas model. Namun, sebagaimana tersebut di atas bahwa pembangunan model berada di bawah supervisi para pejabat berkewenangan dalam pertahanan/

kemiliteran, maka tingkat validitas model diyakini cukup tinggi. Terlebih lagi, model dan luarannya perlu disadari, sebagaimana telah dikemukakan di atas, hanyalah merupakan pendekatan pertama dan dalam perjalanan 20-25 tahun ke depan masih terbuka peluang untuk menyempurnakannya.

7. KESIMPULAN

Dari uraian tentang model dan luaran (outputs)-nya serta analisis yang telah dikemukakan dapat ditarik kesimpulan sebagaimana berikut ini.

- a. Model nilai dibangun dengan mencrapkan prosedur analisis sistem tanpa loop iterasi. di mana Tim yang membangun model terdiri dari tenaga profesional dengan supervisi yang ketat dari para pejabat berkewenangan yang mempunyai visi jauh ke depan di bidang pertahanan ataupun operasi militer.
- b. Tingkat validitas ataupun akurasi dari model nilai dan luaran (besarnya kontribusi setiap sistem antariksa) serta pada gilirannya penetapan prioritas

pembangunan berbagai industri teknologi antariksa dalam meningkatkan efektivitas pertahanan/kemiliteran tergantung pada akurasi harga-harga bobot yang diberikan oleh Tim Pakar dan anggota kelompok-kelompok yang dibentuk serta pejabat berkewenangan di bidang pertahanan/kemiliteran.

- c. Penetapan harga-harga bobot yang "final" yang digunakan dalam model memerlukan upaya negosiasi yang berulang kali di antara Tim Pakar, kelompok-kelompok yang dibentuk, dan para pejabat berkewenangan.
- d. Model nilai adalah linier, dengan anggapan bahwa antar misi, antar tugas dan antar kualitas kekuatan tidak saling mempengaruhi, dan apabila terdapat saling mempengaruhi secara signifikan, maka harus dibangun model nilai yang multilinier atau multiplikatif, walaupun dari pengalaman dari berbagai analisis sistem bahwa luaran dari model linier, model multilinier dan model multiplikatif dalam persoalan-persoalan multi-variables tidak terdapat perbedaan yang signifikan.
- e. Luaran model adalah subyektif sehingga hanya merupakan "judgments" sebagai konsekuensi dari harga-harga bobot yang bersifat subyektif.

Karena luaran model adalah subyektif dan "judgments", dan juga belum memperhitungkan biaya dalam pengembangan sistem-sistem antariksa serta kemungkinan/ketidakmungkinannya di masa datang, maka luaran model tentunya harus divalidasi. Mat ataupun "tool" untuk validasi adalah skor tentang besarnya kontribusi setiap sistem antariksa yang ditetapkan oleh para pejabat berkewenangan di bidang pertahanan/kemiliteran.

Luaran model adalah pendekatan pertama dan dalam implementasinya memerlukan waktu 20-25 tahun ke depan. Dalam kurun waktu tersebut, model dan luarannya masih mempunyai kesempatan untuk disempurnakan sesuai dengan prediksi-prediksi baru tentang perkembangan kemampuan nasional, perkembangan keamanan regional/internasional dan perkembangan sistem dan teknologi antariksa secara global.

DAFTAR RUJUKAN

- Britt, Robert Roy, *Satellite Play Crucial Roles in Air and Ground Battles*, 2001, SPACE. Com. October 9.
<http://www.globalsecurity.org/news/2001/01109.attack11.html>
- Highlights in Space 2003, Progress in Space Science, Technology and Applications, International Cooperation and Space Law*, 2004, United Nations, New York.
- Japan Plans \$1.4 billion Spysat Program to Counter North Korea*, 1998, Aerospace Daily, November.
- Karash, Juri, 2000. *Russia's Military Space Forces Make Too Much Money, Critics Say*, 13 September.
<http://www.spacc.com/news/spaceagencies/Russia; military space 000921.html>
- Keeney, R.L, and Raiffa, H., 1976, *Decisions with Multiple Objectives : Preference and Value Tradeoffs*, Wiley, New York.
- Krishnan, S., 2000, *Future Space Launch Vehicles*, Indian Institute of Technology, Madras, Chennai, India.
- Lee, Ricky J., 2001, *Military Use of Commercial Remote Sensing Data*, Presented at the IISL, The 45th Colloquium on Law of Outer Space, The 52nd International Astronautical Congress, Toulouse, France. October 1-5.
- Michael, J. Muolo, 1993, AU-18 (Air University Press, Maxwell Air Force Base), *Space Handbook - A War Fighter's Guide to Space*, Volume One, Alabama, USA, December.
<http://www.fas.org/spp/military/docops/usaf/av-18/index.html>.
- Military Space Systems*, 1999, The Aerospace Corporation, March 29.
<http://www.aero.org/publications/SpacePrinc/Military.html>.
- Miser, Hugh J., 1981, *Hanbook of Systems. Volume I, Overview*, International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg, Austria.
- Proposal for a System Definition Study for a Tropical Earth Resources Satellite*, 1985. Fokker B.V, National Aerospace Laboratory (NLR), Signaal. Space Research Laboratory of Utrecht (SRL), and Institute of Applied Physics (TPD), The Netherlands.
- Raiffa, Howard, 1970, *Decision Analysis-Introductory Lectures on Choices under Uncertainty*, Addison- Wesley, Reading, Massachusetts.
- Space Exploration : A Short History*, 1999, The Aerospace Corporation, March 29.
<http://www.aero.org/publications/SpacePrinc/SpaceExplr.htm>
- Watts, Barry. 2001, *77K Military Use of Space : A Diagnostic Assessment*, Published January 11.
<http://www.csbaonline.org/4Publications/Archive/R.20010200>.