



Perencanaan Implementasi Program Pengembangan Satelit Indonesia pada Tahap Kedua dan Ketiga Rencana Induk Keantariksaan

Robertus Heru Triharjanto^{1,*} dan Rika Andiarti²

¹Pusat Kajian Kebijakan Penerbangan dan Antariksa, LAPAN

²Kedeputan Teknologi Penerbangan dan Antariksa, LAPAN

*robertus.heru@lapan.go.id

DOI

10.30536/jkkpa.v1n2.1

Abstrak

Program pengembangan satelit Indonesia adalah bagian dari Peraturan Presiden Nomor 45 Tahun 2017 tentang Rencana Induk Keantariksaan 2016-2040. Pada Rencana Induk, program pengembangan satelit yang bertujuan untuk menciptakan industri satelit Indonesia tersebut dibagi dalam 5 tahapan 5 tahun. Untuk tahapan 5 tahun yang kedua dan ketiga, diamanatkan untuk mengembangkan satelit penginderaan jauh nasional di dalam negeri, dengan muatan optik dan radar, dan satelit telekomunikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perencanaan implementasi program tersebut, yang mulai disiapkan sejak tahun 2015, saat rencana induk dikonsepsikan. Cakupan penelitian dibatasi hanya pada program pengembangan satelit penginderaan jauh, dan pada implementasi perencanaan yg dilakukan hingga awal tahun 2017. Karena perencanaan implementasi tersebut melibatkan pertimbangan teknis dan non-teknis, identifikasi perencanaan non-teknis dilakukan dengan metoda manajemen proyek teknologi, dan identifikasi perencanaan teknis dilakukan dengan metoda sistem perekayasa untuk program keantariksaan. Hasil kajian menyimpulkan bahwa perencanaan teknis telah dilakukan sesuai sistem perekayasa untuk program keantariksaan, sehingga dapat memenuhi batasan program yang ditetapkan. Pada perencanaan non-teknis, terdapat elemen yang mempunyai risiko tinggi, dimana kegagalannya dapat membatalkan implementasi program.

Kata kunci: evaluasi perencanaan, sistem perekayasa satelit, rencana induk keantariksaan, satelit penginderaan jauh.

Abstract

Indonesian satellite development program is part of Presidential Decree no. 45/2017 on the Space Activities Masterplan 2016-2040. In the masterplan, the satellite development program, which objective is to create satellite industries in Indonesia, is divided into 5 phases of 5 years. For the 2nd and 3rd 5 years phase, it was planned to develop remote sensing satellites, with optics and SAR payloads, and telecommunication satellite in the country. This reseach aim to evaluate the implementation planning of the program, that has been prepared since 2015, when the masterplan was prepared. The scope of research is limited only on remote sensing development program, and only on implementation plan done until the beginning of 2017. Since the implementation plan involve non-technical and technical considerations, the identification of of non-technical planning was done using high technology project management method, and the identification of technical planning was done using space system engineering method. The study concluded that the technical planning has been done in according to space system engineering, so that the implementation will comply to the defined program limitations. In the non-technical planning, there is an element considered to have high risk. The failure of the element may inhibit the implementation of the program.

Keywords: *planning evaluation, satellite system engineering, space activities masterplan, remote sensing satellite.*



1. Pendahuluan

Studi yang dilakukan oleh Kushardono dkk (2016) menyebutkan bahwa seluruh kebutuhan data penginderaan jauh, yang telah mempengaruhi optimasi proses ekonomi nasional, dari tahun 1972 hingga 2016, disediakan oleh satelit asing. Menurut Dewan Pertahanan Nasional (WANTANAS) pada FGD Pengembangan Satelit Penginderaan Jauh Nasional tahun 2017, ketergantungan tersebut membuat Indonesia menjadi rentan terhadap dominasi kebijakan negara/pelaku bisnis asing. Wawasan tersebut merupakan refleksi dari penggunaan satelit telekomunikasi, di mana Indonesia telah memulai sejak 40 tahun yang lalu dan merupakan yang pertama di Asia, kini Indonesia hanya menjadi pasar teknologi satelit telekomunikasi. Kebijakan privatisasi telekomunikasi yang dilakukan pada tahun 80an telah membuat berkembangnya industri operator telekomunikasi di Indonesia. Namun hal tersebut juga berakibat kebijakan untuk mempertahankan slot satelit telekomunikasi juga bukan hanya menjadi ranah pemerintah, namun juga di perusahaan-perusahaan telekomunikasi yang sejak krisis moneter tahun 1999 semakin didominasi oleh kepemilikan asing. Fakta tersebut antara lain yang menjadi dasar agar program pengembangan satelit nasional sesuai Peraturan Presiden no. 45 tahun 2017 tentang Rencana Induk Keantariksaan 2016-2040 perlu dilaksanakan agar tercipta kemandirian industri satelit nasional.

Sebagai lembaga litbang di bidang keantariksaan, LAPAN telah memulai program penguasaan teknologi satelit sejak tahun 2004, dengan memulai pembuatan satelit mikro dengan misi pengamatan Bumi LAPAN-A1/TUBSAT. Program tersebut dirancang untuk memiliki 3 fase, yakni pengembangan kapasitas pembuatan satelit, transisi menuju pembuatan satelit operasional, dan pembuatan satelit penginderaan jauh operasional (Triharjanto dan Judianto, 2009). Fase kedua dilalui dengan dibangunnya fasilitas pembuatan satelit mikro di Indonesia sejak tahun 2009, dan dibangunnya satelit LAPAN-A2/ORARI (Triharjanto, 2011), dan LAPAN-A3/IPB (Hasbi, 2013), serta direncanakannya satelit LAPAN-A4 (Triharjanto, 2014). Hal tersebut menjadi modal dasar untuk melaksanakan program pengembangan satelit nasional sesuai amanat Rencana Induk Keantariksaan.

Dalam melaksanakan program yang melibatkan teknologi, salah satu faktor yang penting adalah perencanaan implementasi (Taufik, 2003). Sehingga, tujuan dari kajian adalah mengevaluasi perencanaan implementasi program pengembangan satelit penginderaan jauh yang dilakukan LAPAN dan BPPT pada tahun 2015 hingga 2017. Cakupan penelitian dibatasi hanya pada program pengembangan satelit penginderaan jauh, dan pada implementasi perencanaan yg dilakukan hingga awal tahun 2017. Mengingat perencanaan implementasi tersebut melibatkan pertimbangan teknis dan non-teknis, evaluasi perencanaan non-teknis dilakukan dengan metode manajemen proyek teknologi sesuai referensi Taufik (2003), dan evaluasi perencanaan teknis dilakukan dengan metode sistem perekayasa untuk program keantariksaan sesuai referensi Wertz dkk (1999) dan Fortescue dkk (2011).

Menurut pustaka Wertz dkk (1999), untuk program keantariksaan, implementasi program keantariksaan melalui tahapan:

- 1) *mission statement* atau definisi program. Hal ini merupakan arahan *stakeholder* dan umumnya dituliskan dalam produk kebijakan dan sebagian bersifat non-teknis.
- 2) perencanaan implementasi, yang terdiri dari:
 - a. pengkajian konsep, parameter sistem wahana antariksa ditentukan;
 - b. desain awal, parameter subsistem utama wahana antariksa ditentukan;
 - c. desain detil, parameter detil komponen dan antarmuka subsistem ditentukan;
 - d. produksi, termasuk pengujian darat;
 - e. operasi, yang juga termasuk operasi peluncuran bagi satelit;
 - f. *disposal* dan *replenishment* (karena program keantariksaan umumnya berlanjut, maka sebelum masa operasi berakhir, sudah dibuat wahana antariksa berikutnya, untuk menggantikan).

Sesuai dengan skala waktu penelitian, dimana pada tahun 2017 program pengembangan satelit penginderaan jauh baru memasuki tahapan pengkajian konsep (atau tahap 2.a), maka tahapan tersebut menjadi batasan dalam penelitian ini. Sehingga

kajian dibagi menjadi empat bab, yakni mengenai data tentang definisi program satelit penginderaan jauh, data yang ada dari pengkajian konsep pengembangan satelit penginderaan jauh, analisis dan diskusi atas data, dan kesimpulan. Data yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari studi pustaka, baik berupa karya ilmiah, produk kebijakan, maupun dokumentasi FDG.

2. Definisi Program Pengembangan Satelit Penginderaan Jauh

Untuk pengembangan satelit penginderaan jauh, definisi mengacu pada Rencana Induk Kegiatan Keantariksaan Indonesia, yang adalah amanat dari pasal 40 UU no. 21/2013 tentang Keantariksaan (Sekretariat Negara, 2013). Tujuan dari program adalah untuk menjamin keberlanjutan penggunaan teknologi antariksa yang telah terbukti memberikan dampak bagi pembangunan dan pelestarian lingkungan. Rencana kegiatan 25 tahun tersebut dibagi dalam lima tahapan lima tahun, dan dituangkan dalam Peraturan Presiden no. 45 tahun 2017 (Sekretariat Negara, 2017). Pada bagian lampiran dari rencana induk, terdapat detail mengenai tahapan pengembangan satelit, 3 tahapan pertamanya termuat pada Tabel 1. Tahapan tersebut diformulasikan pada tahun 2015 dan memasuki proses komunikasi antarkementerian hingga akhir tahun 2016.

Tabel 1: Tiga Tahapan Pertama Program Pengembangan Satelit Berdasarkan Perpres 45/2017

	Target Lima Tahunan	
	2016—2020	2021—2025
<ul style="list-style-type: none"> • Terwujudnya penguasaan teknologi satelit kelas mikro eksperimental seri-A meliputi perancangan, pembangunan, pengoperasian, dan layanan data serta pemenuhan terhadap regulasi nasional dan internasional • Tersedianya fasilitas AIT satelit kelas 1000kg (seribu kilogram) • Tersedianya dokumen (SBAS) Nasional; • Terwujudnya kemampuan universitas dalam pembangunan dan peluncuran satelit piko atau nano 	<ul style="list-style-type: none"> • Terwujudnya pembangunan, pengoperasian, dan pemanfaatan satelit observasi bumi operasional nasional • Terbinaanya sinergitas nasional pengembang satelit dan pengguna satelit observasi nasional • Terwujudnya pembangunan satelit komunikasi untuk misi edukasi, riset, meteorology, atau misi lainnya. • Penambahan fasilitas fasilitas AIT untuk satelit GSO • Menguatnya sumberdaya universitas dan terfasilitasinya peluncuran. 	<ul style="list-style-type: none"> • Terwujudnya penguasaan teknologi dan aplikasi satelit observasi bumi operasional sistem optik • Beroperasinya satelit observasi bumi operasional dan satelit komunikasi • Meningkatnya kapabilitas fasilitas AIT satelit nasional • Terwujudnya pembangunan dan pemanfaatan satelit SAR NEqO.

Sumber: Sekretariat Negara (2017)

Tiga tahapan pertama rencana induk pengembangan satelit Indonesia tersebut telah selaras dengan bagian lain dari lampiran perpres rencana induk, yakni tahapan rencana induk penginderaan jauh Indonesia, seperti tertera dengan highlight kuning pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 2: 3 tahapan pertama program penginderaan jauh di Perpres 45/2017

	Target Lima Tahunan		
	2016—2020	2021—2025	2025—2029
a. Beroperasinya BDPJN yang didukung oleh sistem jaringan data spasial berbasis data penginderaan jauh	a. Tersedianya infrastruktur pengolahan data penginderaan jauh daerah	a. Tersedianya infrastruktur pengolahan data penginderaan jauh daerah	
b. Terwujudnya penyelenggaraan penginderaan jauh untuk pengendalian sumberdaya alam, lingkungan hidup, mitigasi bencana, dan penggunaan khusus yang andal	b. Beroperasinya jaringan sistem stasiun bumi penginderaan jauh untuk seluruh kebutuhan nasional	b. Tersedianya sistem akuisisi data penginderaan jauh multispectral dan hiperspektral beresolusi tinggi berbasis platform pesawat dan UAV	
c. Terselenggaranya sistem pemantauan bumi nasional yang didukung oleh pedoman pengolahan dan pemanfaatan data satelit penginderaan jauh yang beroperasi di 35 provinsi	c. Tersedianya sistem akuisisi data penginderaan jauh multispectral dan hiperspektral beresolusi tinggi berbasis platform pesawat dan UAV	c. Beroperasinya satelit penginderaan jauh nasional	
	d. Beroperasinya satelit penginderaan jauh nasional		

Sumber: Sekretariat Negara (2017)

Amanat dari rencana induk tersebut adalah, agar Indonesia memiliki/ mengoperasikan satelit penginderaan jauh sendiri, dan merintis industri satelit di Indonesia. Semenjak akhir tahun 80an Indonesia telah mengandalkan satelit penginderaan jauh milik Amerika Serikat dan Prancis untuk memenuhi kebutuhan data penginderaan jauhnya (Kurhardono, 2016) (Triharjanto dkk, 2019). Sementara penggunaan citra satelit penginderaan jauh meningkat sangat pesat dibandingkan sejak pertama kali diaplikasikan pada awal tahun 90an. Pada dua dekade terakhir, dengan tersedianya teknologi satelit penginderaan jauh resolusi tinggi, sangat tinggi, dan radar (SAR), aplikasi yang awalnya hanya untuk pengamatan cuaca dan pemantauan pertanian dan kehutanan, telah berkembang untuk pembuatan sertifikat tanah dan pemantauan infrastruktur, penghitungan pajak atas lahan, dan pemantauan pencurian ikan dan kegiatan ilegal lainnya di laut. Tujuan dari dimiliki/dioperasikannya satelit penginderaan jauh nasional adalah untuk menjamin ketersediaan data, dan meningkatkan kedaulatan atas data. Dikonsepkan bahwa perintisan industri satelit dimulai dengan dibuatnya satelit penginderaan jauh milik pemerintah di dalam negeri, dalam rencana induk didefinisikan sebagai satelit kelas 1000kg. Sehingga pada tahap pertama rencana induk dikonsepkan untuk membangun fasilitas manufaktur satelit kelas tersebut. Secara teknis, ukuran tersebut berarti satelit penginderaan jauh akan memiliki kemampuan untuk membuat citra resolusi tinggi, dan peluncurannya tidak tergantung dengan muatan/satelit lain (*dedicated launch*).

Taufik (2003) menyampaikan bahwa dalam rencana implementasi program, perlu dibuat asumsi organisasi pengelola program. Untuk pengelolaan program satelit penginderaan jauh, dikonsepkan sebuah struktur organisasi yang terdiri dari tiga bagian yakni (Andiarti, 2015) :

- a. Pembuat kebijakan : Kemenkomaritim, Kemenko Perekonomian, Kemristekdikti, Kemkominfo, Bappenas, dan Kemenkeu. Forum ini akan difasilitasi oleh Kemenristekdikti.

- b. Pelaksana kegiatan : yang terdiri dua lembaga di bawah koordinasi Kemristekdikti, yakni LAPAN dan BPPT. Pelaksana kegiatan adalah yang akan menyiapkan dan mengoperasikan satelit
- c. Pengguna data : Kementan, Kemenhan, BIG, KKP, Kementerian KLHK, dan Kemdagri. Bersama dengan pelaksana kegiatan, kelompok pengguna akan mengembangkan aplikasi penginderaan jauh.

Penentuan batasan, seperti disampaikan oleh Fortescue dkk (2011), harus dilakukan agar rencana implementasi dapat dibuat. Untuk perencanaan implementasi tahap ke-2 dan ke-3 program pengembangan satelit penginderaan jauh, batasan yang diberikan adalah SDM yang ada di pelaksana kegiatan. Sedangkan biaya, dengan asumsi akan berasal dari anggaran negara, akan menjadi variabel. Karena pembiayaan akan datang dari pemerintah, maka diperlukan adanya *milestone* di tiap akhir periode administrasi pemerintahan.

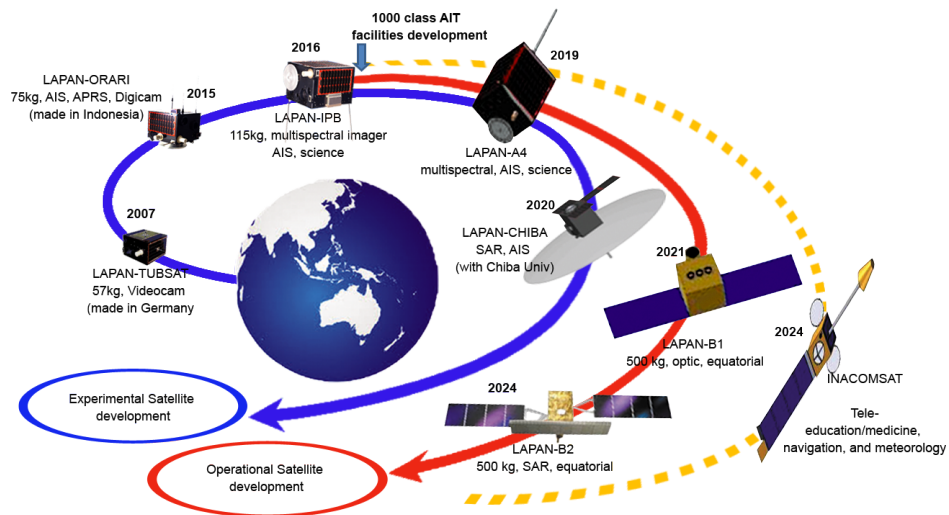
3. Pengkajian Konsep Satelit Penginderaan Jauh

Fortescue dkk (2011) menyatakan bahwa di tahap pengkajian konsep, diperlukan persyaratan pengguna, batasan politik, dan batasan finansial, yang telah dibahas di bab 2. Proses pengkajian konsep berlangsung di tingkat manajemen teknis, atau sistem level. Untuk program satelit, di akhir tahap pengkajian konsep, umumnya akan tergambar kompleksitas dari satelit yang akan dibangun, sehingga diketahui sumber daya fasilitas, sumber daya manusia (SDM), dan keuangan, serta waktu pelaksanaan yang diperlukan.

Apabila dalam perjalanan program terdapat perubahan dari batasan program, maka proses kajian konsep akan diulang, yang mungkin dapat mempengaruhi pemilihan parameter kinerja misi, atau strategi pencapaian misi, atau bahkan pembatalan misi.

3.1. Roadmap Produk dan Persyaratan Misi

Untuk melaksanakan amanat roadmap seperti Rencana Induk Keantariksaan, Taufik (2003) menyatakan bahwa diperlukan roadmap produk sebagai acuan untuk perencanaan implementasi. Hal tersebut dilakukan oleh LAPAN dan BPPT pada tahun 2014 hingga 2017. Deputi Teknologi Penerbangan dan Antariksa LAPAN mempublikasikan roadmap produk untuk 3 tahapan rencana induk tersebut seperti pada Gambar 1 (Andiarti, 2015). Definisi satelit penginderaan jauh operasional adalah satelit yang bisa memberikan data, seperti yang selama ini diterima dari satelit internasional di Kedeputan Penginderaan Jauh, LAPAN. Satelit penginderaan jauh yang paling lama digunakan oleh Indonesia, sehingga paling berkembang aplikasinya, adalah Landsat, milik Amerika, dan SPOT, milik Prancis. Landsat memberikan data resolusi menengah secara gratis, sementara SPOT memberikan data resolusi tinggi secara berbayar. Sehingga satelit LAPAN-B1 atau INARSSAT-1, adalah satelit optik resolusi tinggi untuk dapat memenuhi definisi program penginderaan jauh kelas 1000kg di rencana induk. Persyaratan misi bagi satelit tersebut di antaranya dikaji oleh Kushardono dkk (2014), dan dipaparkan di Tabel 3. Dengan memenuhi misi tersebut, maka sebagian besar kebutuhan dari pengguna data penginderaan jauh pada tahun 2014 akan dapat terpenuhi tanpa harus membayar kepada pemilik satelit internasional.



Gambar 1: Roadmap Produk Untuk Implementasi Tahapan Pengembangan Satelit Indonesia Berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 49 /2017. Sumber: Sekretariat Negara (2017)

Tabel 3: Persyaratan Misi LAPAN-B1/INARSSAT-1

Resolusi spektral	NB: 430-450 nm B: 450-510 nm G: 530-590 nm R: 640-670 nm NIR: 850-880 nm SWIR: 1570-1680 nm Panchro: 450-745 nm
Resolusi spasial	2,5 m (panchro) 10 m (multispetral)
ADC	8 bit data
Resolusi temporal	3 hari (off nadir) 10 hari (nadir)
Lebar sapuan	70 km (spasial 10 m) 30 km (spasial 2,5 m)
Waktu akuisisi	8.00 pagi

Sumber: Sekretariat Negara (2017)

LAPAN-B2 atau INARSSAT-2 adalah satelit radar yang dimaksud sebagai satelit SAR NEqO pada rencana induk. Konsep SAR NEqO didasarkan pada pengalaman LAPAN dalam mengoperasikan satelit LAPAN-A2/ORARI, yang kegunaannya menjadi optimal karena *revisit time* yang sangat singkat, dan karena satelit SAR tidak memerlukan iluminasi tetap seperti satelit optik. Kajian yang dilakukan oleh Pusat Teknologi Satelit (Septanto dkk, 2017) menunjukkan bahwa pada salah satu konfigurasi orbit NEqO, *revisit time* hingga 8 jam dapat dicapai untuk lokasi-lokasi tertentu hanya dengan satu satelit. Spesifikasi muatan SAR INARSSAT-2 dari satelit tersebut di antaranya dikaji oleh Kushardono dkk (2016). Dari analisis disimpulkan bahwa karena potensi penggunaan satelit SAR begitu luas, maka resolusi rendah, menengah, dan tinggi, dengan multi-polarisasi akan dapat menjawab kebutuhan pengguna di tahun 2015. Untuk misi INARSSAT-1 Agustan dan Sadly (2015) juga menambahkan kemungkinan untuk membawa muatan *hyperspectral* untuk mengisi data penginderaan jauh yang selama ini belum ada di Indonesia, namun potensi aplikasinya sangat menjanjikan. Juga disampaikan bahwa dengan data dari konstelasi INARSSAT-1 dan INARSSAT-2, tidak hanya akan menumbuhkan industri jasa penginderaan jauh di dalam negeri, tapi Indonesia akan juga menjadi penyedia data penginderaan jauh untuk kawasan Asia

Tenggara. Kedua dampak tersebut akan memberi dampak ekonomi yang besar.

INACOMSAT adalah satelit yang dimaksud sebagai satelit komunikasi dan pengamat cuaca, yang merupakan konsep turunan dari satelit Edusat/Ki Hajar Dewantara, yang dilahirkan oleh LAPAN dan Kementerian Pendidikan Nasional pada tahun 2008 (Rachmatunnisa, 2009) (Xinhua, 2009). Satelit tersebut akan menyediakan infrastruktur untuk pendidikan dan pelayanan kesehatan jarak jauh (*tele-education and tele-health*). Namun, dalam penelitian ini INACOMSAT tidak termasuk menjadi kajian.

3.2. Kajian Potensi Mitra Internasional

Bab 2 hanya menetapkan bahwa organisasi pelaksana, misi, dan kelas satelit adalah batasan program. Sehingga, fasilitas yang akan digunakan untuk membuat satelit menjadi variabel. Jika SDM dan fasilitas di organisasi pelaksana dianggap belum siap untuk membuat produk seperti digambarkan pada bab 3.1, maka akan dipilih untuk menggunakan bantuan mitra. Sehingga dibuat kajian untuk mencari mitra potensial.

Pada tahun 2015, fasilitas untuk produksi satelit di Indonesia (ruang AIT, alat uji vibrasi, RF, dan uji lingkungan antariksa lainnya) masih terbatas hanya untuk satelit mikro (150 kg), dan hanya dimiliki oleh LAPAN. Jumlah SDM teknis yang mempunyai kemampuan untuk melakukan integrasi dan operasi satelit orbit rendah, termasuk pemeliharaan infrastrukturnya, hanya sekitar 60 orang. Sementara, mengacu data dari industri satelit di negara lain, diperlukan minimal 500 SDM teknis untuk menjalankan industri satelit penginderaan jauh kelas 1000kg. Sehingga, untuk produksi INARSSAT-1 diputuskan untuk menggunakan mitra internasional. Kajian dilakukan untuk melihat mitra internasional mana saja yang akan memenuhi persyaratan misi, dan karena sesuai amanat rencana induk INARSSAT-2 direncanakan untuk dibuat di Indonesia, dapat memberikan alih teknologi. Triharjanto (2015) mengkompilasi data yang tersedia di berbagai sumber di internet (eportal, website mitra, media massa) pada tahun 2015, dimana potensi penyedia satelit optik seperti tertera pada Tabel 4, dan untuk penyedia satelit SAR pada Tabel 5.

Tabel 4: Status Produsen Satelit Penginderaan Jauh Optik Kelas 1000kg Tahun 2015

Vendor Satellite In orbit	CAST CBERS 2 Yes		Astrium THEOS Yes		Thales Plyades Yes		NEC ASNARO 2018		LHM Ikonos Yes		SSTL Beijing 1 Yes		ATK TacSat-3 Yes	
NB	X		X		X		X		X		X		X	
B	✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
G	✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
R	✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
NIR	✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
SWIR	X		X		X		X		X		X		X	
GSD 10m	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	X	✓	X
Pan GSD 2.5m	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	X	✓	X
weight (kg)	1400		750		1000		500		750		400		400	
dimensi (m)	1,8x2x2		2,1x2,1x2,4		2,1x2,1x3,2		1x1x2		No data		0,8x1,2x2,6		No data	
power (W)	1100		840		1500		1300		No data		No data		No data	
Lifetime	5		5		7		5		5		5		3	

Sumber: diolah

Tabel 5: Status Produsen Satelit Penginderaan Jauh SAR Kelas 1000kg Tahun 2015

Vendor	SSTL	CAST	Astrium	Thales	NEC	MDA
Satellite	Nova	HJ-1C	TerraSAR	Cosmo	NEXTAR	RadarSat
In orbit	2016	Yes	Yes	yes	2018	Yes
Resolution (m)	6-30	20	3-18	3-30	10-40	3-100
Swath (km)	20-750	100	150	40-300	40-100	Max 500
Polarization modes	2	2	2	4	4	4
Band	S	X	X	X	L	C
weight (kg)	400	900	750	750	500	2200
dimensi (m)	0,79x1,2x2,6	1,2x1,1x2	5x2,4x2,4	2,1x2,1x3,2	1x1x2	1,5x1,5x4
power (W)	1800	1000	1250	1500	1300	2400
Lifetime (years)	5	3	3	5	3	5

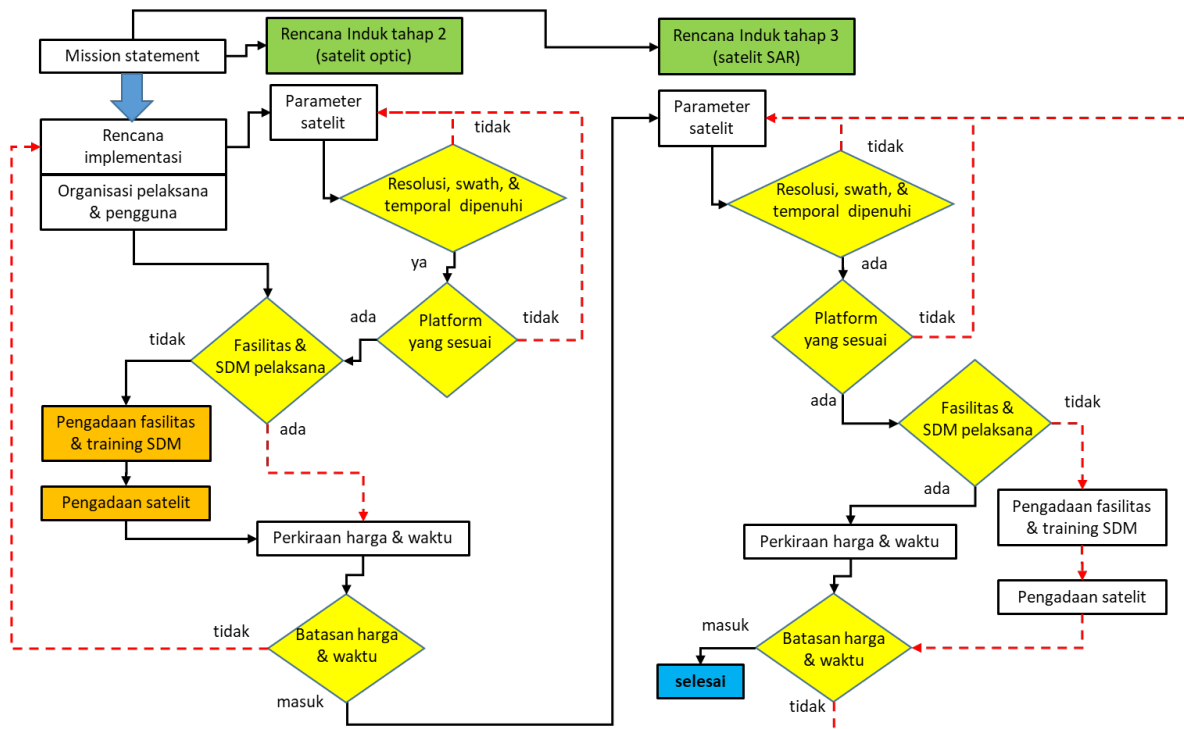
Sumber: diolah

4. Analisis

Sesuai dengan karakter dari program pengembangan satelit penginderaan jauh yang dipaparkan di bab 2 dan bab 3, analisa dan diskusi atas data terbagi menjadi empat bagian. Bagian pertama adalah mengenai proses pengambilan keputusan dalam perencanaan program. Karena program akan melibatkan mitra internasional, maka bagian kedua dari analisis adalah mengenai mitra internasional yang berpotensi membantu implementasi program, Bagian ketiga dari analisis adalah mengenai perhitungan biaya dan jadwal pelaksanaan program, dan bagian keempat mengenai identifikasi risiko.

4.1. Proses Pengambilan Keputusan

Wertz dkk (1999) dan Fortescue dkk (2011) merekomendasikan untuk membuat skema pembuatan keputusan (*decision making algorithm*) dalam perencanaan program agar parameter-parameter satelit yang saling mempengaruhi dapat teridentifikasi. Sehingga, apabila terjadi perubahan pada salah satu parameter, dapat diketahui parameter lain yang bisa menjadi penyeimbang (*trade-off*) nya. Skema pembuatan keputusan dalam perencanaan pengembangan satelit dapat unik sesuai dengan batasan program yang ada. Sesuai dengan data dari bab 2 dan bab 3, untuk kasus perencanaan program pengembangan satelit penginderaan jauh sesuai tahap 2 dan 3 rencana induk keantariksaan dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 2. Panah yang terputus dan berwarna merah menandakan bahwa jalur tersebut tidak terjadi di proses ini. Dari skema dapat terlihat bahwa program akan dapat diimplementasikan dengan batasan-batasan yang ditetapkan dalam definisi program. Skema tersebut dapat menjadi acuan untuk melihat dampak, jika di kemudian hari diperlukan perubahan pada parameter-parameter implementasi program. Sesuai dengan skema, terlihat bahwa proses terakhir dalam pengambilan keputusan adalah harga dan waktu, harga merupakan variabel (terbuka), dan waktu untuk tercapainya *milestone* pertama dibatasi dalam lima tahun (periode administrasi negara).



Gambar 2: Skema Proses Pembuatan Keputusan Perencanaan Program Pengembangan Satelit Penginderaan Jauh

4.2. Mitra Internasional

Kajian potensi mitra internasional pada bab 3.2 menunjukkan bahwa satelit optik yang tidak ada yang dapat memenuhi seluruh misi INARSSAT-1. Pada tahun 2015, misi Near Blue (NB) dan SWIR hanya ada di Landsat-8, satelit milik pemerintah Amerika yang beratnya 2,6 ton. Sehingga disimpulkan bahwa untuk dapat memenuhi persyaratan misi INARSSAT-1, platform yang ada harus diberi tambahan muatan. Dengan teknologi yang ada pada tahun 2015, sangat dimungkinkan modifikasi tersebut dapat dilakukan, sehingga tidak menjadi faktor yang menghentikan implementasi teknis.

Mitra yg memenuhi syarat adalah yang bisa membuat kedua jenis satelit (optik dan SAR) seperti diamanatkan di rencana induk. Tabel 6 menunjukkan bahwa pada tahun 2015, tiga mitra dari Kanada dan Amerika Serikat tidak dapat memenuhi persyaratan mitra karena hanya mempunyai satu jenis satelit. Dua dari mitra tersebut bahkan belum mempunyai pengalaman melakukan alih teknologi produksi satelit ke negara lain. Dalam proses alih teknologi, komunikasi merupakan faktor yang penting. Dikarenakan sebagian besar SDM yang ada di pelaksana program hanya bisa berbahasa Inggris, diperkirakan proses tersebut pada dua mitra dari Asia akan lebih sulit dibandingkan dengan mitra lainnya. Dari tiga mitra lainnya, satu mitra dari Prancis belum pernah melakukan alih teknologi. Kendati demikian, dengan jumlah potensi mitra yang ada cukup banyak untuk jaminan kelancaran implementasi program.

Tabel 6: Perbandingan Potensi Mitra Internasional (status 2015)

Mitra	SSTL	CAST	Astrium	Thales	NEC	MDA	LHM	ATK
Negara	Inggris	Cina	Perancis	Perancis	Jepang	Kanada	AS	AS
Punya optic & SAR	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Hanya SAR	Hanya optik	Hanya optik
Potensi kendala ToT	-	bahasa	-	-	bahasa	-	-	-
Pengalaman ToT	banyak	Venzuela	tidak	Turki	Vietnam	tidak	tidak	Taiwan

Sumber: diolah

4.3. Prakiraan Biaya dan Waktu Pelaksanaan

Mengacu pada pengalaman pengembangan satelit mikro LAPAN, dimana proses alih teknologi dijalankan dengan belajar membuat 1 satelit (LAPAN-TUBSAT) di negara mitra, dan kemudian membuat 1 satelit (LAPAN-ORARI) di dalam negeri, setelah fasilitas integrasi dan pengujiannya dibangun. Tahapan yang sama direncanakan untuk implementasi tahap dua dan tiga pengembangan satelit pada Rencana Induk Keantariksaan. Akan dilakukan pembelian dua satelit penginderaan jauh kelas 1000kg, yang pertama akan dibuat di negara mitra, bersamaan dengan alih teknologi integrasi dan pengujian satelit, dan pengadaan fasilitas integrasi dan pengujian satelit kelas 1000kg di Indonesia. SDM yang akan alih teknologi satelit kelas 1000kg direncanakan berasal dari pelaksana, yakni LAPAN dan BPPT, ditambah dengan SDM dari BUMN yang direncanakan menjadi cikal bakal industri satelit Indonesia.

Selesaiannya satelit yang kedua akan membuktikan terujinya fasilitas dan SDM pengembang satelit di Indonesia, yang berarti kemandirian teknologi satelit penginderaan jauh kelas 1000kg telah dicapai. Setelah INARSSAT-2 selesai, maka akan dilakukan serah terima fasilitas dan SDM integrasi dan uji dari pelaksana kepada BUMN tersebut. Keberlanjutan produksi satelit nasional (INARSSAT-3, dst) akan dilakukan dengan diberinya kontrak pengadaan satelit kepada BUMN, sementara LAPAN tetap menjadi operator satelit, dan bersama BPPT menjadi pengembang aplikasi.

Persyaratan untuk membuat *milestone* dalam satu periode pemerintahan menjadi pertimbangan utama membuat implementasi anggaran direncanakan dilakukan dalam lima tahun. Jadwal implementasi sesuai dengan skema tahapan program di Gambar 2. Menggunakan data harga satelit sesuai dengan Tabel 4 dan 5, dan fasilitas integrasi dan pengujian satelit yang ada di media (*unsolicited*), serta harga stasiun Bumi untuk menerima data inderaja dan mengoperasikan satelit LAPAN, didapat perkiraan biaya pengembangan yang diperlukan, seperti tercatat di tabel 5 (Triharjanto, 2015). Pada saat perhitungan dibuat diasumsikan harga tukar 1 USD adalah Rp10.000.

Tabel 7: Biaya dan jadwal pengembangan INARSSAT-1 dan INARSSAT-2

Tahun ke	1	2	3	4	5
Pra-project : Persiapan kontrak	10				
1. Tahap pembuatan satelit INARSSAT-1 :					
a. Pembuatan satelit INARSSAT-1 dan ToT		1600	1600		
b. Persiapan stasiun Bumi & pengguna data		100	30		
c. Pengembangan infrastruktur industri satelit		50	500	500	
2. Tahap pembuatan satelit INARSSAT-2 di Indonesia				800	800
TOTAL ANGGARAN : 5.990 M	10	1.750	2.130	1.300	800

Sumber: diolah

Sesuai dengan acuan analisis biaya program keantariksaan dari Wertz dkk (1999), prakiraan biaya yang didapat pada tahap pengkajian konsep ini masih dapat berkembang hingga 25% saat implementasi dilakukan. Juga dengan jadwal implementasi, yang dapat mencapai hingga 30%. Namun demikian, tidak ditemukan unsur yang dapat menghentikan program, atau dapat dikatakan bahwa secara teknis program dapat diimplementasikan karena perencanaan memenuhi seluruh batasan program.

4.4. Risiko Program

Sub-bab 4.1 hingga 4.3 menunjukkan bahwa secara teknis implementasi program tidak mempunyai risiko tinggi, karena : 1) memiliki potensi lebih dari 1 mitra internasional; 2) parameter muatan satelit tidak masuk dalam katagori teknologi sensitif yang dibatasi oleh rezim pengendalian eksport; 3) batasan waktu program dapat dicapai. Namun tidak demikian dengan faktor non-teknis, dalam hal ini konsep organisasi pelaksana. Bab 2 menyebutkan bahwa forum yang diketuai oleh Menristekdikti dengan anggota Menkomaritim, Menko Perkonomian, Menkominfo, Kepala Bappenas, dan Menkeu akan dibentuk untuk membuat kebijakan utama dalam program, yang terpenting adalah terkait anggaran. Pembubaran DEPANRI melalui Perpres 176/2014 (Sekretariat Negara, 2014) berdampak tidak ada lagi forum koordinasi antarkementerian untuk mendiskusikan isu-isu dirgantara nasional sehingga Menristek harus mengalokasikan sumber daya khusus untuk membawa isu tersebut ke rapat terbatas kabinet. Elemen program tersebut dinilai berisiko tinggi karena jika Menristek tidak berhasil membuat forum yang dikonsepsikan maka anggaran bagi program tidak akan didapat. Dengan tidak tersedianya anggaran, implementasi program tidak akan bisa dilaksanakan. Elemen program lain yakni organisasi pelaksana dan pengguna dinilai berisiko rendah. Program kedirgantaraan nasional yang dilakukan sebelumnya, yakni N219, telah terselenggara dengan baik (Rahmat, 2017). Proses pembuatan kebijakannya dilakukan oleh DEPANRI dan implementasi dimulai sejak tahun 2014. Pengguna data penginderaan jauh telah mempunyai kerja sama yang baik.

5. Kesimpulan

Dari hasil kajian disimpulkan bahwa implementasi teknis program pengembangan satelit sesuai tahap ke-2 dan ke-3 Rencana Induk Keantariksaan dimungkinkan berdasarkan perencanaan yang dilakukan oleh LAPAN dan BPPT. Pengembangan satu satelit optik yang akan membawa pencitra *multispectral* dengan resolusi 5m dan lebar 70km, serta pencitra *panchromatic* dengan resolusi 2,5m dan lebar 30km, yang akan ditempatkan di orbit *sun-synchronous* dan satu satelit SAR yang akan membawa radar mutipolarisasi dengan resolusi menengah dan tinggi, dan akan ditempatkan di orbit inklinasi rendah, sehingga dapat melintasi wilayah Indonesia 14 kali per hari. Kedua satelit tersebut akan diproduksi dalam lima tahun, semenjak pendanaan program bisa dimulai, dengan biaya sekitar Rp6 trilyun, dan dengan bantuan mitra internasional. Implementasi ini akan dihasilkan industri satelit di dalam negeri yang mampu membuat satelit penginderaan jauh kelas 1000kg, sesuai dengan amanat Rencana Induk Keantariksaan. Pada perencanaan non-teknis, terdapat elemen yang mempunyai risiko tinggi yakni bagian pembuat kebijakan pada organisasi pelaksana. Kegagalan pada elemen tersebut dapat membuat anggaran program tidak tersedia. Elemen non-teknis lainnya yakni organisasi pelaksana dinilai tidak mempunyai risiko tinggi karena mempunyai cukup jaringan dan pengalaman.

Kontribusi Penulis

Penulis pertama berkontribusi pada sebagian besar materi yang ada pada makalah. Penulis kedua melakukan rewiu dan berkontribusi pada daftar pustaka.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih pada LAPAN dan Dirjen Risbang Kemenristekdikti yang telah mendukung penelitian ini.

Daftar Acuan

- Beierle, dan Konisky. (2000). Values, conflict, and trust in participatory environmental planning. *Journal of Policy analysis and Management*, 19 (4), 587–602.
- Bitler, M. P., J. B. Gelbach, and H. W. Hoynes. (2006). What Mean Impacts Miss: Distributional Effects of Welfare Reform Experiments. *American Economic Review*, 96, 988–1012.

- Bitler, M. P., J. B. Gelbach, and H. W. Hoynes. (2008). Distributional Impacts of the Self-Sufficiency Project. *Journal of Public Economics*, 92, 748–765
- Board, S. S., dan National Research Council. (2007). *Earth science and applications from space: National imperatives for the next decade and beyond*. National Academies Press.
- Bozeman, dan Sarewitz, D. (2005). Public values and public failure in US science policy. *Science and Public Policy*, 32 (2), 119–136.
- Burgess, J., A. Stirling, J. Clark, G. Davies, M. Eames, K. Staley, and S. Williamson. (2007). Deliberative mapping: Developing an analytic-deliberative methodology to support contested science-policy decisions. *Public Understanding of Science*. 16:299-322.
- Caruzzo, A., Belderrain, M. C. N., Fisch, G., & Manso, D. F. (2015). The mapping of aerospace meteorology in the Brazilian Space Program: challenges and opportunities for rocket launch. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 7(1), 7-18.
- Dammert. (2008). Child labor and schooling response to changes in coca production in rural Peru. *Journal of Development Economics*, 86(1), 164–180.
- Djebbari, dan Smith. (2008). Heterogeneous impacts in PROGRESA. *Journal of Econometrics*, 145, 64–80.
- Dunn, William N. (2000). Pengantar Analisis Kebijakan Publik (Edisi kedua). Terjemahan Samodra Wibawa, dkk. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Eren dan Ozbeklik. (2014). Who Benefits from Job Corps? A Distributional Analysis of An Active Labor Market Program. *Journal of Applied Econometrics*, 29, 586–611.
- Heckman, Smith, dan Clements. (1997). Making the Most Out of Programme Evaluations and Social Experiments: Accounting for Heterogeneity in Programme Impacts. *Review of Economic Studies*, 64, 487–535.
- Herdianto. (2013). Metode Prediksi. Diakses pada http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/n@file_skripsi/Isi2200481714326.pdf pada tanggal 24 Mei 2019 pukul 14.24 WIB.
- Hirata, N. (2004). Past, current and future of Japanese national program for earthquake prediction research. *Earth, Planets and Space*, 56(8), xliii-l.
- Joseph S. Wholey, Harry P. Hatry, dan Kathryn E. Newcomer. (2010). *Handbook Of Practical Program Evaluation, Third Edition*. Josey Bass - A Wiley Imprint: San Francisco, USA.
- LaBel, K. A., Johnston, A. H., Barth, J. L., Reed, R. A., dan Barnes, C. E. (1998). Emerging radiation hardness assurance (RHA) issues: A NASA approach for space flight programs. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 45(6), 2727-2736.
- Nicholas, J. M., dan Steyn, H. (2017). *Project management for engineering, business and technology*. Routledge.
- Poister, H. Theodore dalam Joseph S. Wholey, Harry P. Harry, dan Kathryn E. Newcomer. (2010). *Handbook Of Practical Program Evaluation, Third Edition*. Josey Bass - A Wiley Imprint: San Francisco, USA.
- Pratistha, B. (2016). The Influence of Strategic Control, Strategy Orientation, and Business Environment on Competitive Strategy and Its Effect to Business Performance. *Academy of Strategic Management Journal*, 15, 15-23.
- Pratistha, B. (2016b). Building a Strategic Control Model for Space Technology Program in Indonesia. *International Journal of Applied Business and Economic Research*, 14(2).
- Radyowirono, Anvina. (2012). Jenis dan Model Evaluasi. Dikutip dari <http://anvinaayunita.blogspot.com/2012/03/jenis-model-evaluasi.html> dan diakses pada tanggal 24 Mei 2019 pukul 13.41 WIB.
- Rambe, M. F. (2002). Analisis Kebutuhan Pasar Dan Prediksi Penjualan. *Jurnal Ilmiah*.
- Solomone, S. (2006). China's Space Program: the great leap upward. *Journal of Contemporary China*, 15(47), 311-327.
- Straub, J., Berk, J., Nervold, A., Korvald, C., dan Torgerson, D. (2013). OpenOrbiter: Analysis of a student-run space program. In *Proceedings of the 64th International Astronautical Congress* (pp. 2-10).
- Trent. (2017). *Integrated Architecture Analysis And Technology Evaluation For Systems Of Systems Modeled At The Subsystem Level*, Disertasi, Doctor of Philosophy in the

School of Aerospace Engineering, Georgia Institute of Technology.

U.S. White House, Office of the Press Secretary. (2011). *Presidential Memorandum: Accelerating Technology Transfer and Commercialization of Federal Research Support of High Growth Businesses* Downloaded November 10, 2012 from: <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2011/10/28/presidentialmemorandum-accelerating-technology-transfer-and-commerciali>.

Young, R. C., Buttner, W. J., Linnell, B. R., dan Ramesham, R. (2003). Electronic nose for space program applications. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 93(1-3), 7-16.