

PERCEPATAN PENCAPAIAN PENGEMBANGAN ROKET PENGORBIT SATELIT NASIONAL

Bernhard H. Sianipar
Pusat Pengkajian dan Informasi Kedirgantaraan
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Kedirgantaraan

ABSTRACT

National Institute of Aeronautics and Space (Lapan) had long been developing rockets, but to achieve the development of SLV is not as fast as that conducted by India and South Korea. Currently Lapan has committed to make the changes of space programmes as stated in the Lapan Strategic Plan 2010-2014. Therefore, how to make the acceleration of development of SLV so that it can launch a satellite from Indonesia. By benchmarking the success of India and South Korea were developing of SLV, and by looking at the condition of national rocketry, it obtained result: (1) in needed of a strong commitment from government, legislative, institutional leaders, and supported by all engineers, (2) Have a vision that supported by a clear mission and programs, (3) Structuring and capacity building of human resources in the sustainable manner, and in accordance with their competence, (4) Modernize facilities in accordance with the qualifications for the development of SLV and specify the location of the new spaceport, (5) The separation techniques should be continue to be developed for large rockets, (6) Product quality assurance system implemented in an organized manner, (7) Establish an Independent Evaluation Team with assigned to analyze and evaluate the successes and failures of each experiment and make recommendations, (8) Build a database of all the activity reports in orderly and controlled, (9) Cooperate with related R&D institutions, universities, and national industry consistently, as well as fostering the ability of industry, (10) Consistently cooperate with countries that have successfully launched SLV, (11) Indonesia should consider to become member of MTCR.

Key words: satellite launch vehicle, acceleration, benchmarking.

ABSTRAK

Lapan telah lama mengembangkan roket, namun untuk mencapai RPS tidak secepat yang dilakukan oleh India dan Korea Selatan. Saat ini Lapan berkomitmen untuk melakukan perubahan program keantariksaannya sebagaimana tertuang dalam Renstra Lapan 2010-2014. Oleh karena itu, bagaimana mempercepat pengembangan RPS agar dapat meluncurkan satelit dari bumi Indonesia. Dengan melakukan patok duga pada usaha keberhasilan India dan Korea Selatan dalam mengembangkan RPS, dan dengan memperhatikan kondisi peroketan nasional, maka diperoleh hasil: (1) Perlunya komitmen yang kuat dari pemerintah, legislatif, pimpinan lembaga, dan didukung oleh seluruh *engineer* terkait; (2) Mempunyai visi yang didukung oleh misi dan program yang jelas; (3) Penataan dan peningkatan kemampuan SDM secara berkelanjutan, dan sesuai dengan kompetensinya; (4) Memodernisasi fasilitas dengan kualifikasi untuk pengembangan RPS, dan menetapkan lokasi Bandar antariksa yang baru; (5) Teknik separasi terus

dikembangkan untuk roket-roket besar; (6) Menerapkan sistem penjaminan kualitas produk secara terorganisir; (7) Membentuk Tim Evaluasi Independen yang bertugas menganalisis dan mengevaluasi keberhasilan dan kegagalan setiap percobaan, serta membuat rekomendasi; (8) Membangun *database* dari semua laporan kegiatan secara tertib dan terkendali; (9) Melakukan kerja sama dengan lembaga litbang terkait, perguruan tinggi, dan industri nasional secara konsisten, serta membina kemampuan industri; (10) Melakukan kerja sama secara konsisten dengan negara-negara yang telah berhasil meluncurkan RPS; (11) Indonesia perlu mempertimbangkan untuk masuk menjadi anggota MTCR.

Kata Kunci: roket pengorbit satelit, percepatan, patok duga.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJMN 2005-2025)¹ memuat target Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional II (RPJM Nasional II Tahun 2010-2014). Diantara target tersebut, adalah “meningkatkan kualitas Sumber Daya Manusia (SDM) dan membangun kemampuan ilmu pengetahuan dan teknologi (Iptek)”. Selain itu, dalam Keputusan Menteri Riset dan Teknologi Republik Indonesia Nomor: 193/M/Kp/IV/2010 Tentang Kebijakan Strategis Pembangunan Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (JAKTRANAS) Tahun 2010-2014 disebut, bahwa masih rendahnya kontribusi Iptek terhadap ekonomi nasional disebabkan oleh 3 (tiga) hal, yaitu: (1) masih lemahnya sisi penghasil Iptek; (2) masih lemahnya sektor pengguna Iptek; dan (3) masih lemahnya interaksi antara penghasil dan pengguna Iptek.²

Dalam rangka menjawab “masih lemahnya sisi penghasil Iptek”, maka institusi penghasil iptek harus meningkatkan kemampuan ilmu pengetahuan dan teknologinya. Sejalan dengan ini, Lapan (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional) berkomitmen untuk melakukan perubahan sebagaimana tertuang dalam Renstra Lapan 2010-2014. Semangat dan dinamika pembangunan kedirgantaraan Lapan, pada tahun 2010-2014, haruslah selaras dengan semangat manajemen nasional Kabinet Indonesia Bersatu II dengan *tag line* :”*change and continuity, debottlenecking, acceleration and enhancement, unity-together we can*”. Semangat mengusung perubahan dan berkelanjutan, memperlancar seluruh saluran komunikasi dan pelaksanaan kegiatan pembangunan dan penyelenggaraan pemerintahan. Percepatan dan pemacuan dan menganut prinsip bahwa jika dilakukan secara bersama, tentunya akan dapat menyelesaikan berbagai persoalan yang dihadapi bangsa dan Negara.³

Lapan didirikan pada tanggal 27 November 1963 berdasarkan Surat Keputusan Presiden Nomor 236 tentang formasi pembentukan Lapan. Sebelum terbentuk Lapan, di Indonesia telah ada kegiatan penelitian yang terkait dengan peroketan yang dilakukan oleh Angkatan Udara Republik Indonesia (AURI) dan Institut Teknologi Bandung (ITB). Kegiatan ini dilakukan pada Proyek Roket Ilmiah dan Militer Awal (PRIMA) yang dibentuk pada tanggal 22 September 1962, dan berhasil membuat dan meluncurkan dua roket seri Kartika berikut telemetrinya.⁴ Proyek litbang PRIMA ini bertujuan untuk

membangun kemampuan pengembangan teknologi peroketan secara mandiri.⁵ Namun hingga saat ini penguasaan teknologi roket di Indonesia masih tertinggal dibanding dengan negara-negara lain di Asia, seperti India, Korea Selatan, dan lain-lainnya.⁶

Untuk mengejar ketertinggalan tersebut, dengan semangat melakukan "*change and continuity, debottlenecking, acceleration and enhancement*", maka Indonesia perlu berkaca pada keberhasilan Negara-negara dalam penguasaan teknologi roket. Untuk melakukan percepatan, dapat melakukan patok duga (*benchmarking*) pada keunggulan yang dimiliki Negara-negara yang telah sukses. Dalam kajian ini dipilih Negara India dan Korea Selatan, karena semangat membangun dari kedua Negara ini sangat tinggi walau banyak kendala/hambatan yang dihadapi dalam penguasaan iptek antariksa. Dari hasil patok duga pada keberhasilan Negara-negara tersebut, maka diharapkan Indonesia khususnya Lapan dapat mengambil langkah yang tepat dalam menyusun perencanaan pengembangan RPS nasional ke depan.

1.2 Permasalahan

Indonesia telah jauh ketinggalan dalam penguasaan teknologi peroketan dibandingkan dengan Negara-negara yang hampir sama dan belakangan dalam pengembangan teknologi roket seperti India dan Korea Selatan, namun telah berhasil menempatkan satelit di orbitnya dengan menggunakan RPS dari wilayah Negara sendiri. Oleh karena itu, permasalahan dalam kajian ini, adalah bagaimana mempercepat pengembangan peroketan nasional agar dapat meluncurkan satelit dengan menggunakan RPS sendiri dari bumi Indonesia.

1.3 Tujuan

Tujuan kajian ini, adalah mengkaji kondisi peroketan nasional, mengkaji usaha pencapaian keberhasilan dalam pengembangan roket pengorbit satelit oleh negara-negara, dan memetakan tindakan/sikap yang perlu dilakukan Lapan dan/atau nasional dalam mempercepat pengembangan RPS berdasarkan hasil patok duga pada usaha pencapaian keberhasilan pengembangan RPS oleh Negara India dan Korea Selatan.

1.4 Metodologi Penelitian

Data yang digunakan pada kajian ini, adalah data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber literatur. Data yang disajikan berupa data tentang kondisi peroketan nasional secara umum, dan data tentang usaha Negara-negara dalam mencapai keberhasilan di bidang peroketan khususnya roket pengorbit satelit. Dalam rangka melakukan percepatan pengembangan peroketan nasional khususnya roket pengorbit satelit, salah satu cara dapat melakukan patok duga (*benchmarking*) pada usaha mencapai keberhasilan dalam pengembangan roket pengorbit satelit oleh negara-negara. Pengertian patok duga dapat diungkapkan, sebagai berikut:

"Benchmarking is a process that bridges the gap between great ideas and great performance. An organization that has defined an opportunity for improved performance identifies another organization (or unit within its own organization) that has achieved better results and conducts a systemic study of the other organization's achievements and practices. The process then goes on to include the development and implementation of strategies that will help the organization improve performance".⁷

Dari pengertian di atas, melakukan patok duga merupakan proses mengidentifikasi, memahami, dan mengadaptasi praktek-praktek di luar organisasi untuk membantu meningkatkan kinerja organisasi. Dengan kata lain, tujuan melakukan patok duga, antara lain adalah membangun fondasi dalam meningkatkan kinerja organisasi, dan merupakan bagian dari strategi perbaikan yang terus-menerus dilakukan.

Dalam kajian ini, yang dipatok diantaranya adalah: kebijakan dari pemerintah atau institusi yang melakukan kegiatan terkait dengan peroketan; proses pembelajaran dalam mencapai kemandirian di bidang peroketan khususnya RPS; percepatan yang dilakukan sehingga RPS dapat menempatkan satelit di orbitnya; penanganan yang dilakukan baik dalam menghadapi kegagalan pada peluncuran, maupun saat berhasil; kunci keberhasilan dalam meningkatkan kinerja. Dalam kajian ini, penulis memilih Negara India, dan Korea Selatan yang telah dapat mengorbitkan satelit dengan menggunakan roket dari wilayah Negara sendiri, dan dalam pencapaiannya mengalami banyak tantangan/kendala yang dihadapi. Dengan melihat keunggulan dari Negara-negara tersebut, dan dengan melihat kondisi peroketan nasional, maka dapat dipetakan hal-hal yang mungkin dapat dilakukan nasional khususnya Lapan dalam mempercepat pengembangan peroketan nasional menuju RPS.

Dalam kajian ini diungkap tentang penjaminan kualitas, untuk itu akan dijelaskan pengertiannya. Pengertian penjaminan kualitas (*Quality Assurance - QA*) mengacu pada kegiatan rekayasa yang diimplementasikan dalam sistem mutu, sehingga persyaratan untuk suatu produk atau jasa akan terpenuhi. Hal ini merupakan pengukuran yang sistematis, membandingkan dengan yang standar, memantau prosesnya, dan memberi umpan balik untuk mencegah kesalahan. Hal ini dapat dibandingkan dengan kontrol kualitas, yang difokuskan pada proses *output*. Dua prinsip yang termasuk dalam QA, yaitu: produk harus sesuai dengan tujuan; dan "*Right first time*", kesalahan harus dihilangkan. QA meliputi manajemen kualitas bahan baku, rakitan, produk dan komponen, jasa yang terkait dengan produksi, dan manajemen proses produksi dan pemeriksaan.⁸

Berdasarkan hasil temuan baru dari *Project Management Institute* (PMI) menunjukkan, bahwa organisasi yang berfokus pada keunggulan dalam pelaksanaan manajemen proyek dapat mengurangi risiko, meningkatkan kinerja, menghemat biaya, dan mencapai pengembalian investasi yang lebih besar. Rahasiannya bukan semata-mata pada ilmu roketnya, tetapi berkomitmen sepenuhnya dalam melaksanakan manajemen proyek. Disamping itu, penelitian PMI menemukan bahwa kesuksesan organisasi seperti NASA adalah pada manajemen proyeknya, diantaranya seperti: menggunakan portofolio manajemen proyek dalam memilih dan memprioritaskan proyek-proyek, dan menjaga hubungan yang erat semua proyek dan misi organisasi secara menyeluruh; menjaga kesinambungan pengembangan bakat pada tim, khususnya pemimpin proyek. Hasil temuan *Pulse Survey* bahwa tim yang berfokus pada pencapaian tujuan strategis organisasi, bukan hanya tujuan kinerja proyek tertentu meningkat tetapi secara keseluruhan akan meningkat sebesar 20 persen.⁹

2. KONDISI PEROKETAN NASIONAL

Berikut ini merupakan gambaran tentang kegiatan yang telah dilakukan terkait dengan peroketan nasional. Kondisi peroketan nasional sejak awal pembangunannya hingga saat ini, secara umum dapat digambarkan sebagai berikut:

a. Sejarah dan Litbang Peroketan

Setelah Lapan didirikan pada 27 November 1963, kemudian dengan melakukan kerja sama dengan AURI, PT. Pindad dan ITB berhasil membangun roket Kartika I yang diluncurkan pada tanggal 14 Agustus 1964 di Pameungpeuk, Garut, Jawa Barat. Roket hasil kerja sama Lapan dengan AURI, PT. Pindad dan ITB ini menjadikan Indonesia Negara Asia kedua yang berhasil meluncurkan roket setelah Jepang. Kemudian pada tahun 1965 dilakukan kerja sama dengan Jepang untuk membangun roket Kappa-8, dimana kemampuan jelajah roket ini dapat mencapai 300 km. Hingga saat ini, Lapan terus mengembangkan peroketannya, dan sudah cukup banyak uji terbang roket yang berhasil dilakukan.

Lapan telah merancang roket balistik dengan jangkauan terbang 20 km dan 40 km. Untuk jangkauan 20 km, Lapan mengembangkan Rhan-122 (roket berdiameter 122 mm, jangkauan terbang 14 km) dengan menambah panjang propelan dari satu meter menjadi dua meter (RX-1220). Sedangkan untuk jangkauan terbang 40 km, Lapan mengembangkan roket berdiameter 200 mm (RX-2020). Beberapa jenis roket yang telah diproduksi Lapan, diantaranya adalah roket-roket berdiameter 60, 70, 80, 100, 150, 200, 250, 320, dan 420 milimeter. Roket-roket tersebut dikembangkan untuk keperluan penguasaan teknologi peroketan nasional. Roket terbesar yang pernah diuji terbang dan berhasil adalah roket RX-320 pada 02 Juli dan 30 Mei 2008, dan roket RX-420 pada 2 Juli 2009 walaupun masih terdapat beberapa hal yang perlu disempurnakan.¹⁰

Tabel 2-1. Daftar Uji Terbang Roket Kendali Tahun 2010

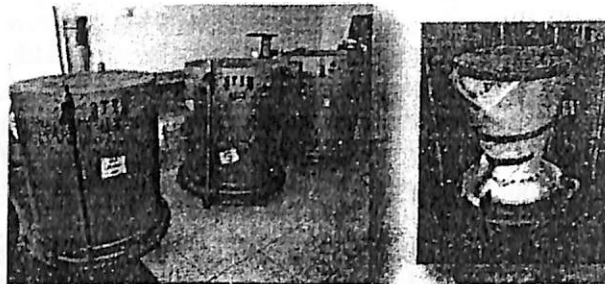
Lokasi	Roket Yang Diuji	Jumlah	Kelas
Pandanwangi, Lumajang, 27 Januari 2010	1. Roket D-230	8	RX-122
	2. Roket Roknas Staging RX-1213/1210	1 (2 motor roket)	RX-122
	3. RKX-200	1 (2 motor roket)	RX-200
Pameungpeuk, Garut 20 Juni 2010	1. RX-2020.02.01	1	RX-200
	2. RX-2020.02.02 ORARI Red bee	1	RKX-200
	3. RX-200 (Radar)	1	RX-200
Baturaja, Sumsel 8-11 Oktober 2010	Roket D-230	3	RX-122
Pameungpeuk, Garut 22 November 2010	1. RKX-200	1 (Booster Sustainer)	RKX-200
	2. RWX-200	1 (Booster Sustainer)	RKX-200
	3. RX-200 (Radar)	1	RX-200
	4. RTX-100	1	RKX-100
	5. RWX-100	1	RKX-100
Pameungpeuk, Garut 29 Desember 2010	1. RX-200 Folded Fin	1	RX-200
	2. RKX-100	1	RKX-100

Sumber: (Lapan, 2011)

Dalam rangka pengembangan roket Lapan menuju RPS, disamping roket tanpa kendali juga dikembangkan roket kendali. Lapan mengembangkan roket kendali sejak tahun 2002. Hal ini dimulai dengan melakukan rancang bangun roket kendali berdiameter

100 mm (RKX 100), dan prototype awal roket ini menggunakan sistem kendali canard. Pada tahun 2007, dimulai pengembangan RKX-100 dengan sistem kendali tail. Pengembangan roket kendali difokuskan pada pengembangan sistem folded wing RTX-100, RKX-200 untuk memperbaiki model aerodynamic, sistem sparasi.¹¹ Namun hingga saat ini masih terdapat kelemahan pada sistem separasi. Daftar jenis-jenis roket yang diuji terbang pada tahun 2010, baik yang terkendali (seri RKX) maupun yang tidak terkendali dapat ditunjukkan pada Tabel 2-1.

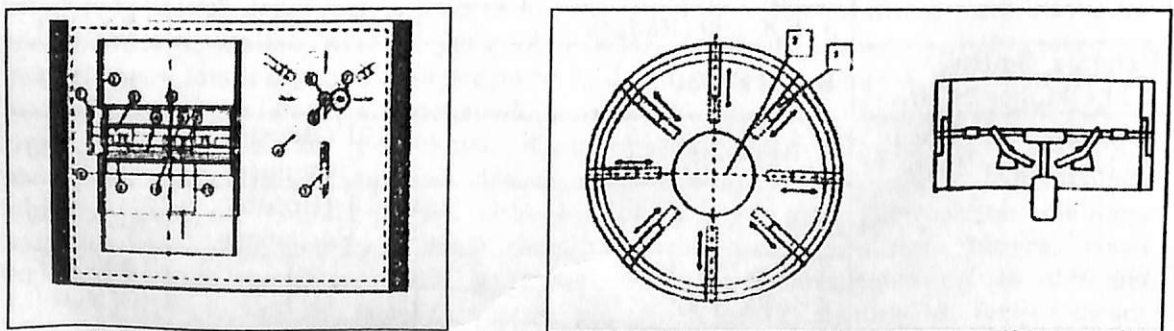
Dalam rangka penguasaan enjin roket di Lapan, disamping pengembangan roket padat, juga dikembangkan enjin roket cair *non-cryogenic* seperti enjin ECX1000H. Enjin ECX1000H adalah enjin berbahan bakar cair yang dirancang dapat menghasilkan gaya dorong maksimum 1000 kgf pada tekanan maksimum ruang bakar 30 bar. Enjin ini menggunakan asam nitrat dan kerosen sebagai oksidator dan *fuel*-nya, serta menggunakan nosel tipe bel yang relatif lebih ringan dibanding nosel tipe *cone*. Tipe injektor yang digunakan adalah *impinging stream*.¹²



Sumber: (Lakip Lapan 2012)

Gambar 2-1. Pengembangan Nosel Roket RX-550 Hasil Kerjasama Lapan-Yuzhnoyez

Pada tahun 2012 Lapan telah memperoleh 2 (dua) sertifikat paten alat sparasi, yaitu: (1) Alat Separasi Roket Bertingkat Dengan Nok-Klem; (2) Alat Separasi Roket Bertingkat Dengan Lengan Pengungkit-Grendel (Gambar 2-2a, Gambar 2-2b).¹³



Sumber: (Lakip Lapan 2012)

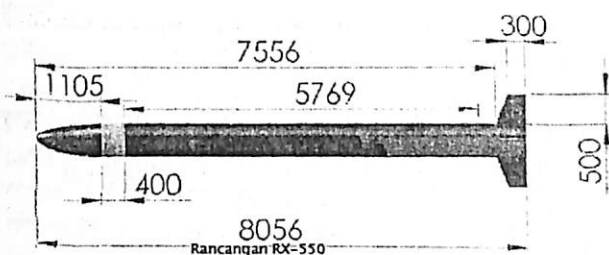
(a)

(b)

Gambar 2-2. (a) Alat Separasi Roket Bertingkat Metode Nok-Klem

(b) Alat Separasi Roket Bertingkat metode Hefboom-Grendel/PIN

Konfigurasi RPS hasil rancangan awal, terdiri dari empat tingkat motor roket berdiameter 550 mm (RPS-550). Dengan konfigurasi ini, diharapkan RPS-550 mampu meluncurkan satelit nano pada ketinggian orbit 300 km. Pengembangan roket RX-550 (Gambar 2-3) sebagai *flying test bed* motor roket RPS tingkat pertama memiliki *grain* bintang propelan padat sepanjang 5500 mm dengan gaya dorong rata-rata 25.000 kgf selama 15 detik, atau total impuls 375.000 Kgf.s. Roket RX-550 ini diproyeksikan akan membawa muatan sebesar 50 Kg. sampai jangkauan terbang 300 km.¹⁴ Uji statik RX-550 telah dilakukan, namun hingga saat ini masih belum sempurna sebagaimana yang diharapkan. Pengembangan roket sonda RX 550 (integrasi dan uji statik) juga akan dilakukan dengan dukungan kerjasama pengembangan nosel dengan Yuzhnoye-Ukraina (Gambar 2-1), dan untuk muatan sonda dilaksanakan kerjasama dengan TU Berlin.¹⁵



Spesifikasi RX-550:

- Panjang (m) : 8,056
- Berat (kg) : 2600
- Panjang propelan (m) : 5,5
- Berat propelan (kg) : 1600
- Diameter luar (mm) : 550
- Average thrust (Kgf) : 25.000
- Burning time (s) : 15
- Jangkauan (km) : 300

Sumber: (Lapan, 2012)

Gambar 2-3. Rancangan Roket RX-550

b. Fasilitas

Lapan telah memiliki beberapa fasilitas yang digunakan untuk mendukung pelaksanaan kegiatan litbang peroketan, seperti: fasilitas pengujian roket, fasilitas uji statik. Beberapa fasilitas pengujian, seperti: fasilitas uji subsistem, uji statik, uji lingkungan, uji aerodinamika, fasilitas uji NDT (*Non Destruction Test*), fasilitas uji komponen (elektronik, mekanik) maupun uji terbang. Disamping itu, fasilitas uji statik pada kondisi vakum, fasilitas uji lingkungan yang terdiri dari peralatan digital meteorologi, peralatan pengaruh beban gravitasi, dinamika dan statika struktur, uji material struktur, peralatan uji akustik. Sedangkan fasilitas uji aerodinamik dilengkapi dengan sistem data akusisi dan komputerisasi lab, da.. komputasi numerik yang tinggi dalam rancang bangun model uji aerodinamik. Alat uji ukur tekanan kalibrasi merupakan salah satu fasilitas yang ada di Laboratorium Propelan dan Motor Roket. Namun beberapa fasilitas ini masih kurang mendukung untuk pengembangan RPS. Lapan juga telah memiliki fasilitas uji statik di Tarogong, Bogor, dan fasilitas ini hanya untuk menguji roket-roket RX-420 atau yang lebih kecil. Sedangkan *test bed* untuk roket RX-550 atau maksimal RX-720 berada di Pameungpeuk, Garut, Jawa Barat.¹⁶

c. Kemitraan/Kerja Sama

Untuk meningkatkan kemampuan rancang bangun roket balistik dan kendali dengan jarak jangkau hingga 300 km, maka dilakukan kemitraan dengan instansi terkait di dalam dan luar negeri. Pada tahun 2008 telah disusun Roadmap RPS oleh Lapan beserta beberapa Institusi yang terkait. Lembaga/Institusi dan Industri dalam negeri yang mempunyai kompetensi dan pengalaman untuk mendukung pengembangan roket

pengorbit, antara lain: BPPT/PUSPIPTEK, PT DI, PT PINDAD, PT DAHANA, PT LEN, PT Krakatau Steel, DISLITBANG TNI, ITB, UI dan UGM. Lembaga dan kemampuan dukungannya untuk pengembangan roket dapat ditunjukkan pada Tabel 2-2.¹⁷ Namun dalam pelaksanaannya masih belum sesuai dengan yang diharapkan, yaitu mewujudkan RPS.

Tabel 2-2. Lembaga dan Kemampuan Dukungnya Untuk Pengembangan Roket

No	Instansi/Industri	Kemampuan/Pengalaman
1.	LAPAN	Perancangan, pembuatan dan pengujian roket sonda berdiameter s/d 320 mm untuk jarak jangkau 60 km, serta pengembangan roket kendali berdiameter 100 mm dan 530 mm
2.	BPPT/PUSPIPTEK	Pengujian struktur dan aerodinamika untuk pesawat terbang, CFD analisis, <i>component design & analysis</i> , struktur & material, instrumentasi
3.	DISLITBANG TNI	Pengembangan roket senjata, warhead
4.	ITB	Analisis dan fasilitas pengujian komponen & metalurgi
5.	UI	Analisis dan fasilitas pengujian metalurgi
6.	UGM	Analisis dan fasilitas pengujian bahan baku kimia, penjenjakan & telemetri
7.	PT.DI	Pengembangan dan manufaktur pesawat terbang, roket senjata FFAR, SUT-torpedo, dan peluncur roket
8.	PT. PINDAD	Pengembangan dan manufaktur persenjataan & munisi, kendaraan militer, launcher roket Kappa-8, dan peledak
9.	PT. DAHANA	Pembuatan bahan peledak dan squib untuk igniter
10.	PT. LEN	Sistem kendali SUT-torpedo dan sistem radar
11.	PT Krakatau Steel	Pembuatan pipa dan pelat baja
12.	INDUSTRI KIMIA : PT. ICI, PT Sintetika Jaya, PT DEW, PT ABS, dll	Pengembangan bahan baku propelan <i>single/double-base</i> , dan komposit (HTPB)
13.	TNI : AD, AU & AL	Pengoperasian roket senjata (rudal)/ Pengguna

Sumber: (Lapan, 2008)

Lapan melakukan kerja sama dengan beberapa Perguruan Tinggi di Indonesia, seperti Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, Universitas Negeri Sebelas Maret (UNS), Universitas Indonesia (UI), serta beberapa industri. Di setiap perguruan tinggi tersebut dibentuk Tim Dosen ahli, dan Tim ini akan melibatkan mahasiswa dari berbagai jenjang untuk kelancaran riset tersebut. Selama tiga tahun, Tim Dosen ahli ini akan bekerja sama merakit sebuah roket penuh, mulai dari *nose*, *body*, dan *nozzle*. Menurut Ketua Tim Riset Roket Suasmoro, bahwa konstruksi tiga bagian tersebut tidak mudah khususnya *nozzle*, karena bagian pendorong roket ini bertemperatur sangat tinggi hingga 3.000 derajat Celsius. Agar *nozzle* tidak meleleh, Tim riset ini turut melakukan pengujian bahan-bahan yang sanggup menahan panas ekstrim.¹⁸

Lapan telah berupaya melakukan kerja sama dengan beberapa institusi, industri, perguruan tinggi nasional terkait dengan peningkatan kemampuan peroketan nasional, namun sering putus di tengah jalan. Menurut Tri Kuntoro (UGM, 28 Juni 2011), bahwa

sudah pernah ada program kerja sama peroketan nasional yang beranggotakan diantaranya ITB, UGM, Lapan yang dibentuk Ristek. Namun dalam pelaksanaannya tidak berjalan sesuai dengan yang diharapkan, hal ini disebabkan karena masih lemahnya koordinasi antar institusi nasional.¹⁹ Disamping itu, pada Rapat Pleno I Panitia Teknis DEPANRI (Gedung BPPT II, 25 Juli 2013), Teguh Rahardjo sebagai Ketua Panitia Teknis DEPANRI menyebutkan, bahwa "Koordinasi itu paling mudah diucapkan, tetapi paling sulit dilaksanakan".

Lapan juga telah berupaya melakukan kerja sama dengan Negara-negara yang menguasai teknologi roket, seperti Rusia, Ukraina, dan lainnya, namun masih terkendala peraturan. Seperti yang telah dilakukan pada tahun 2010, untuk melakukan ratifikasi Persetujuan RI-Ukraina memerlukan suatu Perpres²⁰ yang prosesnya tidak mudah. Disamping itu, menurut Yus Markis Kadarusman (Rumpin, 5 Juni 2013), bahwa Negara-negara maju yang menguasai peroketan seperti Rusia, Cina, pada umumnya enggan memberi ilmu peroketan pada Lapan, khususnya pada personil yang bukan alumni dari Negara tersebut. Namun bila tenaga ahli mereka diundang ke Lapan, secara tidak langsung akan memberi pengetahuannya pada personil yang terlibat diskusi. Berdasarkan pengalaman Bapak Yus Markis Kadarusman, bahwa Negara Korea Selatan lebih terbuka dibanding dengan Negara-negara lain dalam hal pemberian ilmu peroketan. Disamping itu, perlu dijajaki kembali kerja sama bidang peroketan dengan Negara Prancis, karena Prancis pernah menawarkan kerja sama dengan Lapan.²¹

Ketua Komisi VII Dewan Perwakilan Rakyat, Sutan Bhatoegana mengatakan bahwa *Brazilian Space Agency* siap bekerja sama dengan Lapan. Hal ini merupakan salah satu hasil kunjungan kerja Komisi VII DPR ke Brazil dalam rangka merampungkan Rancangan Undang-Undang Keantariksaan.²²

3. USAHA NEGARA-NEGARA DALAM MEMILIKI RPS

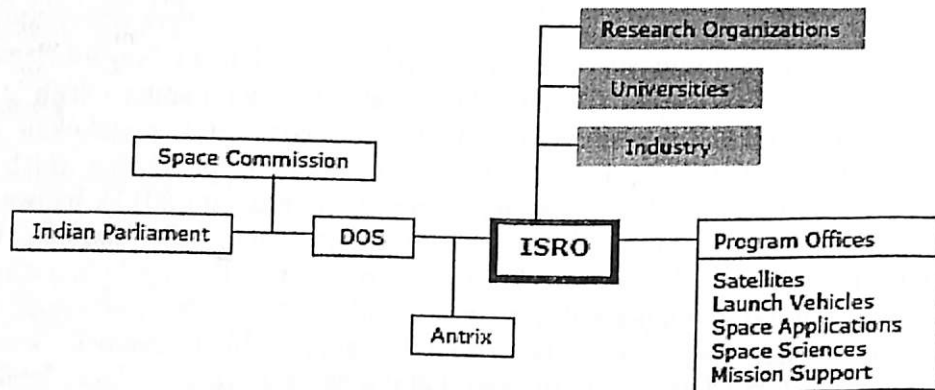
Berikut ini gambaran sejarah dan usaha Negara-negara, seperti India, Korea Selatan dalam mengembangkan roket pengorbit satelit, dan berhasil menempatkan satelit di orbit. Usaha-usaha tersebut, dapat digambarkan sebagai berikut:

a. India

Perdana Menteri pertama India Jawaharlal Nehru percaya, bahwa ilmu pengetahuan dan teknologi modern dapat memecahkan masalah ekonomi dan pembangunan yang dihadapi negaranya. Oleh karena itu, pada tahun 1958 pemerintahan Nehru mengeluarkan kebijakan ilmu pengetahuan setelah Rusia meluncurkan Sputnik-1. Pemerintah India juga mendorong penelitian dan pengembangan di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi.²³ Pengembangan teknologi keantariksaan India dimulai dengan membuat program keantariksaan pada tahun 1960 yang bertujuan melakukan pengembangan dan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi antariksa untuk kepentingan sosial-ekonomi negara.²⁴ Sebagai penggerak teknologi roket di India pada tahun 1960-an, adalah Profesor Vikram Sarabhai di Departemen Antariksa, dan Dr Nag Chaudhri di Departemen Pertahanan, dimana yang satu untuk antariksa dan yang satu lagi untuk pertahanan.²⁵

Pada tahun 1962 dibentuk INCOSPAR (*Indian National Committee for Space Research*), dan pada tahun yang sama dimulai pembangunan TELS (*Thumba Equatorial Launching Station*) dengan memanfaatkan kolaborasi internasional. Pada tanggal 21

November 1963, roket sonda pertama diluncurkan dari TELS. Kemudian pada 15 Agustus 1969 dibentuk lembaga keantariksaan India yang diberi nama ISRO (*Indian Space Research Organization*). Pada tanggal 1 Juni 1972 pemerintah India membentuk *Space Commission* dan mendirikan DOS (*Department of Space*), sekaligus menempatkan ISRO di bawah DOS.²⁶ Kegiatan keantariksaan di India melibatkan beberapa institusi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3-1.



Sumber: (Susmita Mohanty, 2008)

Gambar 3-1. Hubungan Antar Pelaku Utama Program Keantariksaan India

Pada awal pengembangan peroketan, ISRO mengembangkan roket sonda Rohini (RH-75) berdiameter 75 mm. Pengembangan RH-75 ini, diantaranya bertujuan untuk memperoleh kompetensi aspek dasar peroketan. Peningkatan kompetensi pengembangan RH-75 ini memberi masukan untuk: disain dan kinerja roket; teknologi pengisian propellant; disain pengujian tegak dan teknik pengujian; uji terbang. Kemudian pengembangan RH-125 memberi masukan untuk: pengembangan pengolahan dan formulasi propelan; *handling and charging of flexibility propellants grains*; teknik separasi bertingkat. Hal ini memberi gambaran tentang penguasaan teknologi peroketan di India secara bertahap.

Setelah penguasaan teknologi roket melalui roket-roket kecil, kemudian India mengembangkan RPS yang disebut SLV (*Satellite Launch Vehicle*). Pada tanggal 10 Agustus 1979, berhasil meluncurkan roket percobaan pertama SLV-3, namun tidak dapat menempatkan satelit Rohini di orbitnya. Baru pada tanggal 18 Juli 1980, India berhasil meluncurkan roket SLV dari SHAR Centre Sriharikota, dan berhasil menempatkan satelit Rohini-1 di orbitnya. SLV-3 memiliki memiliki 4 (empat) tingkat dengan panjang 22 meter, berbahan bakar padat, berat 17 ton, dan mampu menempatkan *payload* dengan bobot 40 kg di orbit LEO (*low earth orbit*).²⁷ Kemudian ditingkatkan dengan mengembangkan ASLV (*Augmented Satellite Launch Vehicle*) dan berhasil diluncurkan pada pengembangan ketiga dan keempat, dimana kedua peluncuran sebelumnya mengalami kegagalan. Demikian seterusnya untuk pengembangan roket yang lebih besar, seperti PSLV (*Polar Satellite Launch Vehicle*) dan roket GSLV (*Geosynchronous Satellite Launch Vehicle*) dilakukan secara bertahap. Saat ini kemampuan peroketan India sangat pesat, dimana pada akhir tahun 2013 berencana meluncurkan roket ke planet Mars. Hasil dari meluncurkan satelit negara asing sejak tahun 1999 hingga 2013 telah memperoleh *revenue* sebesar US\$17,17 juta dan 32,28 juta euro.²⁸

Dalam rangka penguasaan teknologi antariksa, India membangun kompetensi dengan cara melakukan kolaborasi antara mengimpor teknologi dari luar negeri dengan upaya peningkatan kemampuan dalam negeri. Pada awalnya sebagian besar teknologi diimpor dari Negara maju. Pada periode antara tahun 1960 hingga 1990-an merupakan upaya penyeimbangan antara teknologi dari luar negeri dengan kemampuan dalam negeri. Dengan melakukan periode tahapan yang jelas dalam peningkatan kemampuan SDM dan industri dalam negeri, dan sejalan dengan itu secara bertahap dilakukan pengurangan mengimpor teknologi dari Negara maju hingga mencapai kemandirian. Untuk peningkatan kemampuan penguasaan teknologi antariksa ini, maka sejumlah lembaga akademik, institusi penelitian, dan industri turut dilibatkan. Pada akhir tahun 1990-an diperkenalkan pada industri, dan ISRO membantu dalam kemampuan disain, sistem pabrikasi yang mendekati kebutuhan dari program antariksa dengan mengupayakan impor seminimal mungkin. Akibat dari keterlibatan industri, maka beberapa industri di India saat ini memiliki keahlian melakukan pekerjaan canggih yang diperlukan untuk sistem keantariksaan.²⁹

Disamping pengembangan kemampuan SDM, India membangun seluruh fasilitas yang terkait dengan pengembangan peroketan, seperti: fasilitas penelitian; fasilitas pengujian; fasilitas konstruksi dan peluncuran; fasilitas *tracking* dan kontrol. Kemudian untuk mencapai sasaran yang handal dan berkualitas, ISRO juga menerapkan Manajemen Reliabilitas dalam pelaksanaan kegiatan litbang keantariksanya. Sejak tahap awal, semua program di ISRO menerapkan sistem penjaminan kualitas produk yang terorganisir. Untuk itu, dilaksanakan beberapa kegiatan terkait dengan penciptaan sistem yang handal, diantaranya adalah:

- 1) Peninjauan disain (*design reviews*); merupakan salah satu metode yang kuat untuk meningkatkan kehandalan. Peninjauan disain dilakukan pada semua sub-sistem dari setiap program. Tim peninjau terdiri dari para ahli di ISRO dan mengikutsertakan lembaga penelitian terkemuka di India sebagai anggota, sehingga mengoptimalkan bakat-bakat yang tersedia. Pada tahap konsep awal, Tim ini dapat didominasi oleh *design engineer*, namun komposisinya tergantung pada pertimbangan manajemen. Tim Peninjau bersikap independen dan objektif dengan mengutamakan faktor keberlanjutan pada semua tahapan. Minimal tiga tinjauan disain dianjurkan untuk setiap proyek, yaitu: PDR (*Preliminary Design Review*), CDR (*Critical Design Review*) dan tinjauan akhir yang disebut FRR (*Flight Readiness Review*).³⁰
- 2) Pemilihan komponen dan material (*selection of parts and materials*); langkah pertama, adalah menyusun Daftar Komponen Terpilih (*Preferred Parts List - PPL*). PPL terdiri dari daftar komponen yang dipilih atau disetujui untuk aplikasi, konsisten dengan persyaratan kehandalan dan kualitas. Hal ini merupakan dasar bagi para pembuat disain dalam memilih komponen yang diperlukan. PPL disusun oleh tim khusus termasuk tim kehandalan, *engineer* disain dan *engineer* proyek.
- 3) Pemeriksaan dan kontrol kualitas (*inspection and quality control - QC*); fungsi pengawasan dan pengendalian mutu selalu dilaksanakan dalam setiap program keantariksaan di ISRO. Pengawasan dan pengendalian mutu dilakukan sejak penerimaan komponen dan bahan baku, hingga proses produksi, perakitan peralatan listrik dan mekanik, dan sub-sistemnya. Manajemen QC di ISRO melakukan fungsi pengawasan, dilakukan oleh grup R & QA (*Reliability and Quality Assurance*) dan petugas QC yang

ada di grup manufaktur, sub-kontraktor dan manajemen proyek. Daftar pemeriksaan, gambar teknis, dan dokumen kriteria penerimaan disiapkan dan didistribusikan untuk memastikan setiap titik yang akan diperiksa. Dokumen pemeriksaan disimpan di ruang khusus (terkendali) dan memenuhi persyaratan. Komponen elektronik yang bersifat kritis dan komponen kendali, hanya ditangani di ruang khusus oleh petugas terlatih dan diawasi secara ketat. Semua teknisi dan inspektur yang bertugas sebagai pemeriksa, selalu dilatih secara reguler dengan metode baru dan mengikuti standar fabrikasi.

4) Analisis kehandalan; konsep statistik dasar dan analisis yang digunakan untuk menentukan tingkat kepercayaan (*degree of confidence*) pada sistem disain untuk mengantisipasi pencapaian dari tujuan misi. Tugas analisis kehandalan, adalah terkait dengan kehandalan distribusi, penempatan tujuan kehandalan pada beberapa subsistem terkait. Faktor penting yang diperhitungkan, diantaranya seperti persyaratan misi, hambatan dalam merancang, fabrikasi, tingkat keahlian, beban biaya. Kegiatan ini merupakan dasar bagi manajemen proyek dalam membuat keputusan secara tepat, dan memastikan target kehandalan terpenuhi. Agar analisis kehandalan bermanfaat, maka harus dilakukan sejak tahap awal pelaksanaan program.

5) Analisis Kegagalan dan Tindakan Korektif; ISRO menerapkan pembuatan pelaporan kegagalan dan metode analisis secara formal. Hal ini dilakukan agar dapat mengidentifikasi penyebab kegagalan komponen dan sistem yang ditemukan selama tahap pelaksanaan pekerjaan. Kegagalan individu selama fase konstruksi, seperti pemeriksaan perangkat, fabrikasi, inspeksi, pengujian dan evaluasi semuanya dilaporkan kepada Dewan Analisis Kegagalan (*Failure Analysis Board - FAB*), yang anggotanya mewakili R&QA, dan dipimpin oleh seorang *engineer* ahli. Penyebab kegagalan yang pernah dialami ISRO, diantaranya adalah: kurangnya dalam disain, manufaktur, metode uji dan sejenisnya. Temuan dari FAB didokumentasikan dalam laporan analisis kegagalan, dan didistribusikan kepada instansi terkait. Juga dibuat laporan singkat tentang kegagalan, dan dijelaskan pengalaman kegagalan kumulatif selama program pembangunan, untuk dapat dianalisis kemungkinan kecenderungan kegagalan. Laboratorium analisis kegagalan memiliki peralatan analisis, seperti *scanning electron microscope*, *radiographic instruments*, *stereo-microscopes*, berbagai *probe* khusus, dan sistem manajemen.

6) Manajemen Ketidaksesuaian (*Non-conformance management*); bertugas membantu manajemen dalam meningkatkan kehandalan/reliabilitas. Bertugas sebagai penilai kualitas bila terdapat deviasi dari produk, keputusan untuk menerima, memverifikasi, dan lain-lain. Kemudian Komisi Perbaikan membuat pencegahan agar tidak terulang kembali kejadian yang sama. Tugas utama Komisi ini, diantaranya adalah membuat rekomendasi dalam menghilangkan penyimpangan/deviasi, dan mengimplementasikannya pada produk langsung/ produk yang akan datang berdasarkan analisis lengkap dengan referensi yang cukup, perbedaan inspeksi atau proses, serta mengintegrasikan permasalahan.

Lebih dari 1000 personil teknis terlibat dalam berbagai kegiatan yang terkait dengan kualitas dan kehandalan, dan para personil tersebut memiliki berbagai latar belakang, seperti: teknik disain (*design engineering*); teknik sistem (*systems engineering*); pengujian lingkungan (*environmental testing*); teknik analisis dan statistik.³¹

Kerja Sama

Pada tahun 1962, adanya perjanjian antara DAE (*Department of Atomic Energy*), India dengan NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), Amerika Serikat, bahwa penggunaan roket sonda eksperimen untuk kepentingan ilmiah. Kemudian PBB (Perserikatan Bangsa Bangsa) merekomendasikan, bahwa fasilitas peluncuran roket sonda dibangun mendekati ekuator, dan untuk kepentingan kegiatan ilmiah. India memanfaatkan peluang dan menawarkan stasiun peluncuran TELS pada PBB untuk dimanfaatkan sebagai fasilitas internasional. Pada tahun 1965, PBB menjadi sponsor untuk TELS. Disamping itu, beberapa institusi seperti CNES mendonorkan beberapa peralatan ruas bumi, termasuk *Cotal Radar* untuk men-tracking pergerakan roket secara aktual dengan radius jangkauan sekitar 300 km. Kemudian Uni Soviet menyediakan komputer Misnk II untuk menganalisis data yang diterima dari roket meteorologi M-100 dan stasiun radar untuk tracking, dan NASA menyediakan *tone ringing system*.

Pada tahun 1971, program sepuluh tahun pertama penelitian dan pengembangan keantariksaan India dibawah bimbingan Ketua DAE, Vikram Sarabhai. Tahap penting dari program ini adalah bagaimana menciptakan wahana antariksa India yang tepat, mempersiapkan ahli di bidang teknologi antariksa, organisasi dari unit-unit fabrikasi peroketan antariksa. Untuk mengatasi permasalahan ini, pemerintah India meminta Rusia (d.h.l. Uni Soviet) untuk membantu.³² Kerja sama internasional telah menjadi ciri khas dari program keantariksaan India. India juga berpartisipasi dalam berbagai fora keantariksaan termasuk PBB, IAF, COSPAR dan CEOS. India mendirikan Pusat untuk Sains Antariksa dan Pendidikan Teknologi di Asia dan Pasifik (CSSTE-AP) yang didukung oleh PBB.³³

Pendapat Para Ahli

A.P.J. Abdul Kalam (menjabat *Project Director*, pada saat pertama berhasilnya peluncuran SLV-3 pada bulan Juli 1980), adalah salah seorang yang ditugaskan untuk merancang, mengembangkan dan membangun sebuah RPS yang diberi nama SLV-3 untuk menempatkan satelit Rohini ke orbit LEO. Menurut A.P.J. Abdul Kalam, bahwa kunci keberhasilan berasal dari diri sendiri seperti yang diungkapkan pada pernyataannya berikut:

"One of the major projects I was assigned then was to design, develop and build a satellite launch vehicle called SLV-3 to put the Rohini satellite into low earth orbit. This was India's first satellite. I had a fantastic team. It was called the SLV-3 team, and many technology groups at the VSSC, at the Sriharikota (SHAR) centre and the ISRO Satellite Centre (Bangalore) were all partners in this great mission. What we learnt when I put the satellite successfully into orbit in July 1980 was that in any task we do, the mission is greater than the individuals and organizations".

Jadi, kunci keberhasilan adalah: (1) (fakta bahwa) misi (adalah) lebih besar dari pada sifat individu dan organisasi, dan (2) kemitraan. Disamping itu, V.S. Rajan berpendapat, bahwa *"the vision is greater than the individuals"*.³⁴ Disisi lain, A.P.J. Abdul Kalam mengatakan, bahwa kebijakan pemerintahnya selalu konsisten dari waktu ke waktu.

b. Korea Selatan

KARI (*Korea Aerospace Research Institute*), adalah lembaga penerbangan dan antariksa Korea Selatan yang dibentuk pada 10 Oktober 1989. Sebelum mengembangkan

roket sendiri, Korea Selatan mendapat pengalaman pertama dari rudal yang diberikan oleh Amerika Serikat dalam rangka melawan Korea Utara. Pada awal tahun 1990, KARI mengembangkan roket sendiri dan menghasilkan roket satu dan dua tingkat yaitu KSR-I dan KSR-II. Sebelum Korea Selatan masuk ke IAE (*Institute for Advanced Engineering*) pada tahun 1992, kegiatan utama difokuskan pada teknologi kedirgantaraan. Pada tahun 1992, Korea Selatan membangun dan meluncurkan beberapa satelit dan roket, seperti roket sonda KSR-I dan KSR-II yang berbahan bakar padat. Pada bulan Desember 1997 mulai mengembangkan mesin roket berbahan bakar *lox/ kerosene* (minyak tanah). Pada tahun 2000, Rusia membantu Korea Selatan membangun *Naro Space Center* yang berlokasi Goheung, pulau Naro, 485 kilometer di sebelah Selatan kota Seoul. Pada tahun 2002, KARI mengembangkan RPS dan menguji terbang KSR-III³⁵ yang memiliki berat 6.000 kg dan berbahan bakar propelan cair. Roket sonda KSR-III berhasil diluncurkan pada 28 November 2002.

Walau Korea Selatan merupakan sekutu utama militer Amerika Serikat, namun ambisi keantariiksaan Korea Selatan selama bertahun-tahun selalu dibatasi. Amerika Serikat khawatir bila rudal atau program roket Korea Selatan kuat, maka akan mempercepat perlombaan senjata regional, terutama dengan Korea Utara. Setelah bergabung dengan *Missile Technology Control Regime* (MTCR) pada tahun 2001, Korea Selatan melakukan kerja sama di bidang keantariiksaan dengan Rusia, tapi saat itu hubungan masih belum baik. Untuk mempercepat pembangunan *Korea Space Launch Vehicle* (dikenal sebagai Naro), pada tahun 2004 Korea Selatan memutuskan bekerja sama dengan Rusia. Rusia juga membantu untuk membangun *Korea Space Center*, sebuah bandar antariksa di Goheung.³⁶ TsENKI adalah sebuah perusahaan milik pemerintah Rusia, yang bertanggung jawab membangun landasan luncur (*launch pad*) Naro Space Center.³⁷

Pada tahun 2009, Korea Selatan melakukan percobaan peluncuran RPS dan berhasil terbang mencapai orbit, tetapi mengalami kerusakan pada mekanisme pelepasan tingkat kedua (separasi) sehingga gagal menempatkan satelit. Pada percobaan kedua tahun 2010, juga mengalami kegagalan dimana roket meledak setelah dua menit terbang. Karena kegagalan ini, antara Rusia dan Korea Selatan saling menyalahkan satu sama lain.³⁸ Pada tanggal 30 Januari 2013, Korea Selatan untuk pertama sekali berhasil meluncurkan satelit kecil STSAT 2C (dengan tinggi 108-kaki dan berbobot 200-pound) dari negaranya sendiri dengan menggunakan roket KSLV 1 (*Korea Satellite Launch Vehicle 1*). Pemerintah Korea Selatan mengatakan, bahwa peluncuran satelit percobaan terbaru mereka merupakan langkah penting untuk pengembangan program keantariiksaan untuk keperluan sipil negaranya. Misi utama satelit yang dibawa oleh wahana peluncur ini, adalah bertujuan untuk mengumpulkan data iklim dan informasi atmosfer lainnya.³⁹

Peluncuran tahun 2013 ini sempat tertunda satu minggu karena ada masalah dengan sinyal elektronik hanya beberapa menit sebelum dijadwalkan untuk lepas landas. Roket KSLV 1 memiliki dua tingkat dengan bobot 300.000 pound, dan merupakan hasil kerja sama antara Pemerintah Rusia dan Korea Selatan. Kontraktor keantariiksaan Rusia, yaitu Khrunichev membangun tingkat pertama KSLV 1, dan booster mesin utama RD-151 yang berbahan bakar minyak tanah (*kerosene-fueled*) dibangun oleh sebuah produsen mesin roket Rusia NPO Energomash. Mesin utama RD-151 adalah versi lebih kecil dari mesin yang digunakan pada Zenit Ukraina dan roket-roket Atlas 5 Amerika.⁴⁰ Tingkat atas dari KSLV (berfungsi untuk melontarkan satelit) berbahan bakar padat yang disediakan oleh

KARI. KARI bekerja sama dengan perusahaan swasta dalam hal merancang dan membangun tingkat atas KSLV 1 yang berbahan bakar padat, dan payload *fairing*.⁴¹ Peluncuran KSLV 1 ini adalah peluncuran yang ketiga yang dilakukan di bawah kesepakatan pada tahun 2004 antara Korea Selatan dan Rusia. Menurut kantor berita Yonhap, Korea Selatan telah menghabiskan hampir US\$ 500 juta proyek roket sejak tahun 2002.⁴²

Keberhasilan peluncuran KSLV Korea Selatan pada Januari 2013, menempatkan Korea Selatan di antara sekelompok kecil negara-negara yang telah berhasil meluncurkan satelit ke orbit dari bumi sendiri. Negara-negara lainnya termasuk Amerika Serikat, Rusia, China, Jepang, Perancis, India, Israel, Iran dan Korea Utara.⁴³ Keberhasilan peluncuran ini dicapai karena adanya kerja sama dengan negara lain seperti Rusia.⁴⁴ Disamping itu, adanya tekanan kepada para ilmuwan roket Korea Selatan untuk dapat menempatkan satelitnya ke antariksa, hal ini meningkat setelah Korea Utara berhasil meluncurkan satelit dengan roket sendiri pada bulan Desember 2012 walau hal ini melanggar resolusi Dewan Keamanan PBB.⁴⁵ Korea Selatan berencana mengembangkan roket pendorong (*thruster*) sendiri pada 2021 melalui suatu program yang diperkirakan menelan biaya 1.500.000.000.000 won (US\$ 1,4 miliar).⁴⁶

Sebagai teknologi mutakhir, industri kedirgantaraan membawa risiko ekonomi dan teknis karena besar biaya R & D, sehingga membutuhkan kerja sama internasional yang luas. Dalam rangka untuk mengembangkan dan memperoleh teknologi kedirgantaraan secara tepat waktu dan efisien, Korea Aerospace Research Institute (KARI) telah bekerjasama dengan 34 organisasi dari 12 negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Rusia, Inggris, Perancis, Jerman, Israel, dan China. Ke depan, KARI akan meletakkan dasar bagi sebuah lembaga penelitian kedirgantaraan kelas dunia melalui peningkatan penelitian bersama dan program bersama dengan lembaga penelitian terkemuka kedirgantaraan. Juga secara aktif berpartisipasi dalam konferensi internasional yang diselenggarakan oleh organisasi-organisasi pemerintah internasional serta organisasi nonpemerintah internasional. Baru-baru ini, KARI menyelenggarakan International Astronautical Congress (IAC) yang menarik 4.056 peserta dari 72 negara.⁴⁷

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Berdasarkan uraian tentang usaha yang dilakukan oleh Negara India dan Korea Selatan dalam mewujudkan impiannya, yaitu meluncurkan satelit dengan menggunakan RPS sendiri dari wilayah (Negara) sendiri. Hasil dari patok duga yang dilakukan pada usaha pencapaian Negara-negara tersebut, adalah sebagai berikut:

a. India

Dalam mencapai keberhasilan RPS di India, dapat diidentifikasi sebagai berikut:

- 1) Adanya kesungguhan dari pemerintah (dalam hal ini, Perdana Menteri India) untuk mengembangkan peroketan, karena menganggap teknologi antariksa itu penting dalam meningkatkan perekonomian;
- 2) Adanya dukungan dari parlemen;

- 3) Membangun kompetensi dengan tahapan yang jelas, yaitu pada awalnya mengimpor teknologi dari luar, dan secara bertahap menguranginya sambil memperkuat kemampuan SDM, sehingga pada akhirnya mempunyai kemampuan/kemandirian;
- 4) Membangun seluruh fasilitas yang dibutuhkan untuk penelitian dan pengembangan roket;
- 5) Bila dilihat dari bagan hubungan antar pelaku utama program keantariksaan di India, sudah tercantum organisasi riset di luar ISRO, universitas, dan industri. Dengan kata lain, bahwa dalam pengembangan peroketan, ISRO tetap melibatkan institusi riset lain, perguruan tinggi, dan industri dalam negerinya;
- 6) Membangun praktek penjaminan kualitas produk secara terorganisir, mulai dari awal pembelian material/komponen hingga roket/satelit diluncurkan;
- 7) Membentuk Tim Evaluasi yang independen, dengan melibatkan para pakar dari luar ISRO;
- 8) Pendokumentasian secara teratur dan terkendali dari seluruh hasil kegiatan mulai dari awal penerimaan material, fabrikasi, pemeriksaan kehandalan, hingga laporan hasil peluncuran, baik yang berhasil maupun yang gagal;
- 9) Mempunyai visi yang didukung oleh misi dan program yang jelas;
- 10) Komitmen yang kuat dari para pelaku yang terlibat dalam peroketan, menganggap bahwa misi mewujudkan RPS lebih penting dari segalanya, dan menjaga kemitraan (pendapat A.P.J. Abdul Kalam);
- 11) Menjalani kerja sama dengan Negara-negara lain yang menguasai teknologi peroketan, termasuk PBB;
- 12) Membangun kerja sama dengan perguruan tinggi, industri di luar negeri;

b. Korea Selatan

Dalam mencapai keberhasilan RPS di Korea Selatan, dapat diidentifikasi sebagai berikut:

- 1) Adanya kesungguhan dari pemerintah untuk mengembangkan peroketan ;
- 2) Pengalaman pertama tentang peroketan belajar dari rudal yang diberikan oleh Amerika Serikat;
- 3) Para ahli peroketan Korea Selatan didesak mempercepat pengembangan roket RPS, karena adanya ancaman dari Korea Utara;
- 4) Masuk menjadi anggota MTCR;
- 5) Penguasaan sistem separasi, karena pernah mengalami kegagalan pada percobaan peluncuran RPS tahun 2009 dikarenakan sistem separasi;
- 6) Membangun kerja sama dengan institusi di luar negeri;
- 7) Membangun kerja sama antara pemerintah Korea Selatan dengan pemerintah Rusia untuk membangun bandar antariksa Naro, termasuk landasan luncur, dan tingkat pertama dari roket pengorbit satelit KSLV-1. Untuk proyek kerja sama dengan Rusia hampir menghabiskan anggaran sekitar US\$ 500 juta sejak tahun 2002;
- 8) Membangun kerja sama dengan melibatkan industri dalam negeri;

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil dari patok duga yang telah dilakukan terhadap usaha pencapaian keberhasilan Negara-negara dalam pengembangan roket khususnya RPS, dan melihat

kondisi peroketan nasional saat ini, maka upaya percepatan pengembangan RPS nasional dapat diuraikan seperti di bawah ini. Namun sebelumnya diuraikan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap upaya pencapaian pengembangan RPS di Indonesia, sebagai berikut:

- a. Bila ditinjau dari Negara-negara yang telah berhasil mengembangkan teknologi roket khususnya roket pengorbit satelit, kunci keberhasilan pertama adalah pada komitmen yang kuat dari pemerintah dalam hal ini Presiden, termasuk pimpinan dari lembaga litbang yang menangani peroketan. Hal seperti ini telah ditunjukkan oleh pemerintah India dan Korea Selatan dengan bersikap sangat mendukung pengembangan peroketan nasionalnya.
- b. Disamping komitmen pemerintah, perlu mendapat dukungan yang kuat dari parlemen agar mendapat dukungan pendanaan. Juga diharapkan seluruh komponen nasional berpandangan, bahwa teknologi antariksa dapat berkontribusi dalam mengatasi perekonomian nasional. Sehingga segala upaya yang dilakukan dalam pengembangan RPS tidak mendapat hambatan. Disamping itu, teknologi antariksa juga dapat dimanfaatkan untuk menjaga keutuhan Negara Kesatuan Republik Indonesia. Hal ini sebagai pemicu semangat dalam mempercepat pengembangan RPS, seperti yang dialami oleh Negara India dan Korea Selatan. India dan Korea Selatan mengalami persaingan politik dengan Negara tetangganya, seperti antara India dengan Pakistan dan antara Korea Selatan dengan Korea Utara.
- c. Mempunyai visi yang didukung oleh misi dan program yang jelas. Program dibuat untuk mendukung misi dengan tahapan yang jelas, dan kemungkinan besar program dapat dilaksanakan. Dengan adanya program yang jelas, maka peningkatan pengembangan RPS dapat dicapai.
- d. Perlunya penataan SDM peroketan secara dini sesuai dengan kompetensinya, dengan kata lain bahwa penempatan setiap pegawai disesuaikan dengan kemampuan yang dimiliki SDM bersangkutan, serta berkomitmen untuk membangun peroketan nasional menuju RPS. Juga dilakukan peningkatan kemampuan SDM secara berkelanjutan, hingga mencapai kemandirian. Disamping itu, perlunya memberdayakan potensi nasional yang ada dengan menjalin kemitraan. Hal ini merupakan tantangan bagi pimpinan khususnya di Pusat Roket Lapan;
- e. Masih adanya fasilitas litbang peroketan Lapan yang kurang mendukung untuk pengembangan RPS, untuk itu perlu peningkatan/peremajaan fasilitas agar dapat mendukung pengembangan RPS. Seperti yang dilakukan India, adalah melengkapi seluruh fasilitas yang diperlukan untuk litbang roket, termasuk TTC. Disamping itu, karena landasan luncur di lokasi Pameungpeuk sudah tidak layak digunakan untuk meluncurkan roket sekelas RX-550 dan yang lebih besar seperti RPS, maka Lapan perlu menetapkan lokasi baru yang dapat mendukung pengembangan RPS. Hal ini juga diamanatkan dalam Undang Undang Nomor 21 Tahun 2013 Tentang Keantariksaan pasal 28 ayat (2), berbunyi: "Untuk melaksanakan penguasaan dan pengembangan teknologi roket sebagaimana dimaksud pada ayat (1), Lembaga **wajib mengembangkan sarana dan prasarana serta sumber daya yang terkait dengan teknologi roket**".
- f. Dalam pengembangan RPS tidak terlepas dari teknik separasi, dan merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan suatu peluncuran RPS. Teknik separasi merupakan salah satu kelemahan peroketan Lapan saat ini sebagaimana yang telah diungkapkan

oleh Yus Markis Kadarusman. Walau sudah dimiliki paten tentang sistem separasi, namun masih perlu diuji coba kehandalannya mulai dari roket-roket kecil, kemudian terus dikembangkan untuk roket-roket besar. Hal ini pernah dialami Korea Selatan pada saat peluncuran KSLV-1, kegagalan terjadi akibat terganggunya pada sistem separasinya;

- g. Membangun praktek penjaminan kualitas yang terorganisir; Keberhasilan (dalam hal ini ISRO, India) dalam pengembangan roket pengorbit satelit, diantaranya adalah membangun/menerapkan praktek penjaminan kualitas yang terorganisir sejak dari pengadaan material, hingga pengujian statik dan terbang, hingga evaluasi sistem roket. Peran R & QA diperluas sesuai lingkup dan kepentingannya, dan setiap kelompok tenaga teknis (sesuai latar belakang pendidikan dan/ atau kompetensinya) diorganisir dan memenuhi persyaratan program R & QA yaitu terkait dengan kualitas dan keandalan.
- h. Membentuk Tim Evaluasi Independen yang terdiri dari para ahli peroketan. Tim ini bertugas menganalisis dan mengevaluasi keberhasilan atau kegagalan setiap percobaan, serta membuat rekomendasi. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi rekayasa dalam pembuatan laporan setiap percobaan, dan memberi rekomendasi tindakan yang akan dilakukan selanjutnya akibat dari keberhasilan atau kegagalan yang dialami.
- i. Pendokumentasian seluruh hasil kegiatan mulai dari awal penerimaan material, fabrikasi, pemeriksaan kehandalan, hingga laporan hasil peluncuran, baik yang berhasil maupun yang gagal secara teratur. Hal ini sebagai dasar dan bahan pembelajaran dalam pengembangan lebih lanjut di hari-hari berikutnya, serta dapat dimanfaatkan oleh generasi berikutnya.
- j. Membangun kerja sama dengan perguruan tinggi, baik dalam dan luar negeri; Berdasarkan sejarah dari Negara-negara yang telah maju teknologi roketnya, pengembangan peroketan semuanya berawal dari perguruan tinggi. Institusi di Negara-negara yang melakukan pengembangan peroketan hingga tercapai roket pengorbit satelit, tetap bekerja sama dengan perguruan tinggi. Oleh karena itu, perlu jalinan kerja sama dengan perguruan tinggi dalam pengembangan roket pengorbit satelit.
- k. Lapan dan perguruan tinggi mendesain komponen-komponen sesuai dengan keperluan, kemudian memberi bimbingan pada pihak industri agar pihak industri paham tentang rancangan/spesifikasi komponen yang diperlukan. Karena komponen-komponen yang diperlukan ini termasuk jenis barang khusus, maka pihak industri perlu diberi subsidi oleh pemerintah. Hal seperti ini yang dilakukan oleh India dan Korea Selatan dalam memajukan peroketannya. Hal yang sama perlu dilakukan untuk mendapatkan material-meterial yang diperlukan pada setiap sub-komponen roket yang sulit diperoleh dari luar.
- l. Disamping menggandeng industri nasional, perlu juga dilakukan kerja sama dengan pihak industri Negara lain dengan melakukan kerja sama bilateral antara pemerintah Indonesia dengan pemerintah Negara lain. Untuk pemerintah India dan Korea Selatan, melakukan kerja sama dengan pemerintah Rusia. Untuk ini Lapan perlu mempertimbangkan melakukan kerja sama yang lebih intensif dengan Rusia, karena Presiden SBY pernah menandatangani kerja sama dengan pemerintah Rusia terkait dengan kegiatan keantarkiksaan. Bila ditinjau dari Negara-negara yang telah berhasil

- membangun RPS, umumnya keberhasilan tersebut karena adanya kerja sama dengan Negara-negara yang telah sukses sebelumnya;
- m. Perlu dilakukan koordinasi dengan instansi/institusi nasional yang terkait dengan peroketan secara serius dan berkelanjutan. Kesungguhan/keseriusan melakukan koordinasi ini sangat diperlukan, hal ini untuk menghilangkan apa yang diungkapkan oleh Tri Kuntoro dan Teguh Raharjo tentang koordinasi. Koordinasi ini dapat dilaksanakan, bila semua pihak terkait berpandangan sama bahwa membangun RPS adalah sama dengan membangun bangsa Indonesia.
 - n. Para peneliti/engineer Lapan telah memiliki kemampuan pengetahuan tentang ilmu roket termasuk sistem TTC, namun masih terkendala dalam mengimpor komponen/material seperti tabung roket, bahan baku propelan, dan komponen elektronik lainnya yang diperlukan. Kesulitan membeli komponen/material yang diperlukan karena adanya pembatasan dari MTCR. Untuk itu, Indonesia perlu mempertimbangkan untuk masuk menjadi anggota MTCR seperti yang dilakukan oleh Korea Selatan. Disamping itu, untuk mengatasinya Lapan perlu bekerja sama dengan industri nasional. Hal ini juga diamanatkan dalam Undang Undang Nomor 21 Thun 2013 tentang Keantariksaan pasal 26 ayat (1) berbunyi: *"Dalam hal Lembaga melaksanakan pembuatan, manufaktur, dan pembangunan sarana dan prasarana kegiatan penguasaan dan pengembangan teknologi keantariksaan, Lembaga dapat mengikutsertakan perusahaan nasional untuk melaksanakan kegiatan penguasaan dan pengembangan teknologi keantariksaan"*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hingga saat ini Lapan sudah cukup banyak mengembangkan roket balistik, dan sukses dalam peluncurannya. Agar dapat mengembangkan RPS, Lapan juga mengembangkan roket kendali, dan pengembangannya diawali pada tahun 2002. Namun hingga saat ini, pengembangan roket kendali masih belum sempurna. Demikian juga dengan pengembangan roket RX-550 yang direncanakan sebagai roket pendorong untuk RPS masih memerlukan penyempurnaan. Sebagaimana tertuang dalam Renstra Lapan 2010-2014, saat ini Lapan berkomitmen untuk melakukan perubahan. Untuk itu mempercepat pengembangan RPS, Indonesia khususnya Lapan perlu mengkaji kembali pelaksanaan pengembangan peroketan selama ini.

Berdasarkan hasil patok duga pada usaha yang dilakukan oleh Negara India dan Korea Selatan dalam pengembangan RPS, maka untuk mewujudkan percepatan pengembangan RPS nasional, diantaranya adalah: komitmen yang kuat dari pimpinan di Lapan, pemerintah, legislatif, dan *stakeholder* terkait; peningkatan kemampuan SDM secara berkesinambungan; peningkatan fasilitas litbang peroketan termasuk pembangunan bandar antariksa baru; penguasaan teknik separasi; penerapan sistem penjaminan kualitas produk; membangun *database* hasil kegiatan; membentuk Tim Evaluasi yang independen; meningkatkan kerja sama dengan perguruan tinggi, institusi litbang, dan industri nasional terkait. Disamping itu, peningkatan kerja sama dengan negara-negara yang telah dilakukan selama ini, dan melakukan penajakan kerja sama dengan Negara lainnya, serta perlu mempertimbangkan kembali Indonesia masuk menjadi anggota MTCR.

5.2 Saran

Diharapkan hasil kajian ini sebagai bahan masukan dan pertimbangan bagi para pembuat kebijakan yang terkait dengan kegiatan keantariksaan di Indonesia, khususnya dalam pengembangan peroketan nasional menuju RPS. Percepatan pengembangan RPS dapat terwujud, bila semua pihak terkait menyadari bahwa membangun RPS akan mengangkat citra bangsa Indonesia di mata dunia, juga berdampak terhadap pembangunan perekonomian nasional.

DAFTAR RUJUKAN

- ¹ Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2007 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional Tahun 2005 – 2025. Jakarta, tanggal 5 Februari 2007.
- ² Biro Hukum dan Humas. 2010. Keputusan Menteri Riset dan Teknologi RI Nomor: 193/M/Kp/IV/2010 Tentang Kebijakan Strategis Pembangunan Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Tahun 2010-2014. 30 April 2010. Lampiran I. Hal 2.
- ³ Renstra LAPAN 2010 – 2014. Hal 1.
- ⁴ Lapan, 2011. *Sejarah Lapan*. <http://www.lapan.go.id/page.php?vpage=sejarah.htm>, 8 April 2013.
- ⁵ Lapan, 2011. *Lakip Lapan 2010*. <http://lapan.go.id/akip/LAKIP/lakip2010/files/pdf-lakip%20lapan%202010-300311.pdf>, 8 April 2013; hal. 2.
- ⁶ Lapan, 2013. *Lakip Lapan 2012*. <http://lapan.go.id/akip/LAKIP/lakip2012/files/lakip2012.pdf>, 6 Mei 2013; p. 30.
- ⁷ Letts, Christine W; Ryan, William P; Grossman, Allen, 1999. *Benchmarking: How nonprofits are adapting a business planning tool for enhanced performance*. John Wiley & Sons.
- ⁸ Wikipedia, 2013. *Quality assurance*. http://en.wikipedia.org/wiki/Quality_assurance, 6 Mei 2013.
- ⁹ Langley, Mark; Hoffman, Ed. 2013. *How risk reduction is (and isn't) rocket science*. Editor: Waynette Tubbs. the Harvard Business Review. February 12, 2013, <http://www.sas.com/knowledge-exchange/risk/integrated-risk/how-risk-reduction-is-and-isnt-rocket-science/index.html>, 15 April 2013.
- ¹⁰ Renstra LAPAN 2010 – 2014.
- ¹¹ Lapan, 2011. *Annual Report 2010 Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional*. Penerbit Lapan.
- ¹² Lapan, 2012. *Annual Report 2011: Pengembangan Teknologi Dirgantara*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. Hal. 22-25.
- ¹³ Lapan, 2013. *Op.Cit*. hal. 46.
- ¹⁴ Lapan, 2012. *Loc.Cit*.

5.2 Saran

Diharapkan hasil kajian ini sebagai bahan masukan dan pertimbangan bagi para pembuat kebijakan yang terkait dengan kegiatan keantariksaan di Indonesia, khususnya dalam pengembangan peroketan nasional menuju RPS. Percepatan pengembangan RPS dapat terwujud, bila semua pihak terkait menyadari bahwa membangun RPS akan mengangkat citra bangsa Indonesia di mata dunia, juga berdampak terhadap pembangunan perekonomian nasional.

DAFTAR RUJUKAN

- ¹ Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2007 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional Tahun 2005 – 2025. Jakarta, tanggal 5 Februari 2007.
- ² Biro Hukum dan Humas. 2010. Keputusan Menteri Riset dan Teknologi RI Nomor: 193/M/Kp/IV/2010 Tentang Kebijakan Strategis Pembangunan Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Tahun 2010-2014. 30 April 2010. Lampiran I. Hal 2.
- ³ Renstra LAPAN 2010 – 2014. Hal 1.
- ⁴ Lapan, 2011. *Sejarah Lapan*. <http://www.lapan.go.id/page.php?vpage=sejarah.htm>, 8 April 2013.
- ⁵ Lapan, 2011. *Lakip Lapan 2010*. <http://lapan.go.id/akip/LAKIP/lakip2010/files/pdf-lakip%20lapan%202010-300311.pdf>, 8 April 2013; hal. 2.
- ⁶ Lapan, 2013. *Lakip Lapan 2012*. <http://lapan.go.id/akip/LAKIP/lakip2012/files/lakip2012.pdf>, 6 Mei 2013; p. 30.
- ⁷ Letts, Christine W; Ryan, William P; Grossman, Allen, 1999. *Benchmarking: How nonprofits are adapting a business planning tool for enhanced performance*. John Wiley & Sons.
- ⁸ Wikipedia, 2013. *Quality assurance*. http://en.wikipedia.org/wiki/Quality_assurance, 6 Mei 2013.
- ⁹ Langley, Mark; Hoffman, Ed. 2013. *How risk reduction is (and isn't) rocket science*. Editor: Waynette Tubbs. the Harvard Business Review. February 12, 2013, <http://www.sas.com/knowledge-exchange/risk/integrated-risk/how-risk-reduction-is-and-isnt-rocket-science/index.html>, 15 April 2013.
- ¹⁰ Renstra LAPAN 2010 – 2014.
- ¹¹ Lapan, 2011. *Annual Report 2010 Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional*. Penerbit Lapan.
- ¹² Lapan, 2012. *Annual Report 2011: Pengembangan Teknologi Dirgantara*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. Hal. 22-25.
- ¹³ Lapan, 2013. Op.Cit. hal. 46.
- ¹⁴ Lapan, 2012. Loc.Cit.

-
- ¹⁵ Lapan, 2013. Op.Cit. hal. hal. 64.
- ¹⁶ Pusjigan, 2011. *Dinamika Lingkungan Strategis Kedirgantaraan: Peroketan*. Pusat Pengkajian Kedirgantaraan – Lapan. Desember 2011.
- ¹⁷ Lapan, 2008. *Road-Map Pembangunan Sistem Roket Pengorbit Satelit Indonesia*. Jakarta, 8 Oktober 2008.
- ¹⁸ Indonesia Teknologi, 2012. *Lapan Gandeng ITS Buat Roket*. <http://abarky.blogspot.com/2012/04/lapan-gandeng-its-buat-roket.html>, 23 Mei 2013.
- ¹⁹ Pusjigan, 2011. Loc.Cit.
- ²⁰ Lapan, 2011. Loc.Cit.
- ²¹ Subekhi, Akhmad; dkk, 2013. Laporan Perjalanan Dinas: *Kajian Aspek Sosial Budaya Pembangunan Bandar Antariksa Nasional di Pulau Morotai*. Pusjigan. 7 Juni 2013.
- ²² Berita Satu.com, 2012. Iptek: Lembaga Antariksa Brazil Siap Bekerja Sama dengan Lapan. <http://www.beritasatu.com/iptek/88531-lembaga-antariksa-brazil-siap-bekerja-sama-dengan-lapan.html>, 21 Mei 2013
- ²³ Vasant, Gowarikar,. Suresh B.N, 2007. *History of rocketry in India*. Indian Space Research Organisation (ISRO), Thiruvananthapuram, India. 5 December 2011.
- ²⁴ Satish S, dkk. 2009. *Quality management for space systems in ISRO*. Indian Space Research Organisation (ISRO), Bangalore, India. 27 March 2012.
- ²⁵ Frontline, 1998. *A man and his mission*. India's National Magazine. Vol. 15 : No. 19 : Sep. 12-25, 1998. <http://www.frontline.in/static/html/fl1519/15190880.htm>, 1 Juni 2013.
- ²⁶ ISRO, 2013. *Milestones*. <http://www.isro.org/rep2013/citizens.htm>, 24 April 2013.
- ²⁷ ISRO, 2013. *Launch Vehicle*. <http://www.isro.org/launchvehicles/launchvehicles.aspx>, 24 April 2013.
- ²⁸ Mars Daily, 2013. *India to have five rocket launches, including Mars mission, in 2013*. Chennai, India, 8 Mei 2013. http://www.marsdaily.com/reports/India_to_have_five_rocket_launches_including_Mars_mission_in_2013_999.html, 24 Juni 2013.
- ²⁹ ISRO Headquarters, 2012. *Infrastructure for Space Development*. Publications and Public Relations. Bangalore. June 2012; p5.
- ³⁰ Satish S, dkk. 2009. Loc.Cit.
- ³¹ Nanjundaswamy, T.S; Rajangam, R.K, . *Reliability and Quality Assurance Program For Space Missions-Indian Scenario*. ISRO Satellite Centre. http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/trismac/apr08/day1/krishnan_india.pdf, 21 Mei 2013.
- ³² Chaplyts, Olga Alexandrovna, 2010. *Contribution of the USSR Interkosmos Program to Promotion of Cooperation with India*. Reports and Speeches at the International Social and Scientific Conference. Delhi-Kullu-Shimla-Kalimpong October 22-

-
- November 5 2010, <http://www.roerichs.com/Lng/en/Publications/book-culture-and-peace-/Contribution-of-the-USSR-Interkosmos-Program.htm>, 24 Juni 2013.
- ³³ ISRO Headquarters, 2012. Op.Cit, p6.
- ³⁴ Frontline, 1998. Loc.Cit.
- ³⁵ Clark, Stephen, 2013. *South Korea, Russia partner for historic satellite launch*. <http://spaceflightnow.com/news/n1301/30kslv/#.UXTn0UpszqQ>, 22 April 2013.
- ³⁶ Wikipedia, 2013. *Korea Aerospace Research Institute*. 20 April 2013. http://en.wikipedia.org/wiki/Korea_Aerospace_Research_Institute, 6 Mei 2013.
- ³⁷ Clark, Stephen, 2013. Loc.Cit.
- ³⁸ Inquirer Technology, 2013. *South Korea: First rocket launch successful*. January 31st, 2013. <http://technology.inquirer.net/22577/south-korea-first-rocket-launch-successful>, 18 April 2013.
- ³⁹ Kwon, K.J. & Mullen, Jethro, 2013. *CNN, South Korean rocket successfully puts satellite in orbit*. January 30, 2013. <http://www.cnn.com/2013/01/30/world/asia/south-korea-rocket-launch>, 18 April 2013.
- ⁴⁰ Clark, Stephen, 2013. Loc.Cit.
- ⁴¹ Clark, Stephen, 2013. Loc.Cit.
- ⁴² Clark, Stephen, 2013. Loc.Cit.
- ⁴³ Kwon, K.J. & Mullen, Jethro, 2013. Loc.Cit.
- ⁴⁴ Clark, Stephen, 2013. Loc.Cit.
- ⁴⁵ Kwon, K.J. & Mullen, Jethro, 2013. Loc.Cit.
- ⁴⁶ Kwon, K.J. & Mullen, Jethro, 2013. Loc.Cit.
- ⁴⁷ KARI, 2009. *International Cooperation*. http://www.kari.re.kr/data/eng/contents/About_KARI_007.asp?catcode=1316000000&depthno=3, 8 Juli 2013.