

BAB VIII

Posisi Indonesia dalam Misi Eksplorasi Antariksa

Stevani Anggina dan Adhi Pratomo

A. Eksplorasi Antariksa dan Era Baru Perlombaan Antariksa

Keberminatan manusia terhadap aktivitas ataupun eksplorasi keantariksaan sudah ditunjukkan sejak permulaan dari *Space Age*, yaitu Sputnik 1, satelit buatan pertama Uni Soviet yang berhasil diluncurkan pada 1957. *Space Age* merupakan periode yang ditandai dengan terjadinya aktivitas eksplorasi antariksa, teknologi antariksa, serta kompetisi antariksa (Garber, 2007). Peluncuran Sputnik 1 kemudian menjadi pemicu perkembangan teknologi dan kompetisi keantariksaan, khususnya antara Rusia dan Amerika Serikat.

Beberapa tahun kemudian, program keantariksaan di kawasan Asia meningkat secara signifikan terutama negara-negara, seperti

S. Anggina & A. Pratomo

Badan Riset dan Inovasi Nasional, e-mail: stev002@brin.go.id, adhi008@brin.go.id

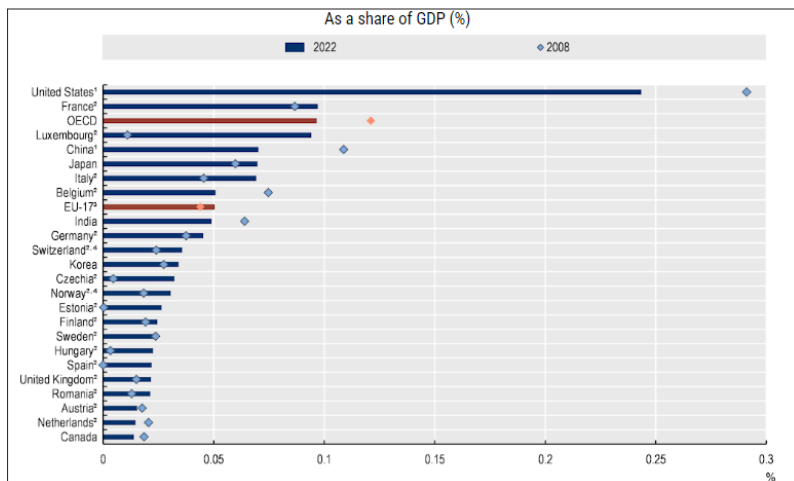
© 2025 Editor & Penulis

Anggina, S. & Pratomo, A. (2025). Posisi Indonesia dalam Misi Eksplorasi Antariksa. Dalam T. Djamaluddin & F. Nuraeni (Ed.), *Keantariksaan untuk Masyarakat dan Kemajuan Bangsa: Konsep dan Kebijakan*(201–228). Penerbit BRIN.

DOI: 10.55981/brin.1592.c1502, E-ISBN: 978-602-6303-87-5

Jepang, China dan India. Ketiga negara tersebut pada 2018 dan 2022 memiliki rasio anggaran keantariksaan yang kompetitif, terutama dalam program utilisasi dan eksplorasi antariksa, jika dibandingkan negara-negara OECD lainnya (lihat Gambar 8.1). Secara umum, meskipun trennya bertumbuh sebagai kekuatan industri, teknologi, dan ekonomi baru, namun kekuatan keantariksaan negara-negara di Asia masih belum dipandang. Lain halnya dengan NASA dan Badan Antariksa Eropa (ESA) yang masih mendominasi kegiatan eksplorasi antariksa.

Melihat perkembangan pemahaman dan tumbuhnya kesadaran negara-negara kawasan Asia akan teknologi keantariksaan, beberapa peneliti tertarik melakukan studi mengenai tren dari program dan perkembangan keantariksaan negara-negara kawasan Asia. Seperti misalnya studi yang mempelajari tentang program keantariksaan negara-negara kawasan Asia Tenggara. Studi tersebut menunjukkan bahwa masing-masing negara mempunyai karakteristik yang sama dalam pengembangan program keantariksannya. Salah satunya, kerja sama internasional masih memegang peranan penting dalam mendukung perkembangan keantariksaan. Selain itu, semua negara-negara kawasan Asia Tenggara, termasuk Indonesia, dinilai masih kurang kompetitif dalam program eksplorasi antariksa. Mereka cenderung menggunakan dan memanfaatkan teknologi antariksa untuk mendukung pembangunan sosial dan ekonomi negara mereka, seperti pemanfaatan teknologi satelit penginderaan jauh untuk mitigasi bencana (Sarma, 2019). Indonesia memiliki sejarah menjadi negara ketiga di dunia dan pertama di Asia yang mampu mengoperasikan Sistem Komunikasi Satelit Domestik (SKSD) menggunakan satelit *geostationary earth orbit* (GEO), namun saat ini kemampuannya cenderung stagnan.



Sumber: OECD (2023)

Gambar 8.1 Perbandingan Persentase Government Space Budget dengan GDP

Kemudian, terdapat penelitian mengenai studi komparatif antara *space faring countries* di Asia. *Space faring countries/nations* adalah negara-negara yang mampu secara mandiri membangun dan meluncurkan wahana antariksa. Penelitian tersebut mendeskripsikan mengenai penggerak ekonomi dan strategi kebijakan nasional yang mendorong program keantariksaan di negara-negara Asia, seperti Jepang, India, dan China (Sundararajan, 2006). Pembahasan lainnya tentang *Space Race* (perlombaan keantariksaan) di Asia dan diskusi mengenai motivasi Jepang, China, India, dan Korea Selatan dalam memenuhi ambisi pengembangan teknologi antariksanya dari sudut pandang politik dan hubungan internasional (Moltz, 2011). Sementara itu, penelitian lainnya membahas mengenai *new space age* (era baru keantariksaan), serta bagaimana tren regulasi dan bisnis keantariksaan di negara-negara Asia dengan mengambil beberapa studi kasus (ESPI, 2020).

Apabila dilihat dalam istilah keantariksaan, berdasarkan fungsinya secara umum, kegiatan keantariksaan atau *space activities*

dibagi menjadi tiga, yaitu *space exploration*, *space observation*, dan *space utilization*. *Space exploration* atau eksplorasi antariksa merujuk kepada eksplorasi fisik ke antariksa dengan menggunakan pesawat angkasa luar. Hal ini termasuk misi pengiriman *probes* dan manusia ke berbagai benda langit, seperti Bulan, Mars, dan planet lain, dalam rangka mengumpulkan data dan melakukan penelitian ilmiah (Logsdon, 2024). *Space probes* adalah *unmanned/uncrewed device* atau alat tanpa awak yang dikirim ke antariksa.

Berbagai misi telah dilakukan, mulai dari misi Apollo mengirim manusia ke Bulan, misi Mars Rover untuk menjelajahi permukaan Mars, pengiriman *spacecraft* yang biasa disebut pesawat angkasa luar atau wahana antariksa oleh India ke Bulan dengan nama Chandrayaan-3, dan yang terbaru adalah misi NASA dalam Artemis Program. Misi dalam program Artemis yaitu NASA akan mendaratkan wanita pertama dan kaum perempuan dan minoritas non-kulit putih pertama di Bulan, dengan menggunakan teknologi inovatif untuk menjelajahi permukaan Bulan lebih banyak dari sebelumnya (NASA, 2020).

Space observation atau observasi antariksa adalah kegiatan mengamati benda langit dan fenomena di antariksa dengan menggunakan teleskop dan instrumen lain, baik berada di bumi maupun di antariksa dalam rangka mengumpulkan data astronomis dan astrofisika, serta membantu ilmuwan memahami proses kosmis dan evolusi alam semesta. Contohnya adalah pengamatan bintang, galaksi, planet, dan fenomena alam semesta menggunakan Hubble Space Telescope atau dari observatorium di Bumi menggunakan *very large telescope*.

Space utilization atau pemanfaatan antariksa adalah penggunaan teknologi dan data berbasis antariksa untuk meningkatkan kehidupan di Bumi. Pemanfaatan antariksa dan sumber dayanya didorong agar dapat bertujuan komersial, ilmiah, dan operasional. Contohnya, pengembangan satelit dan penggunaan satelit untuk komunikasi, navigasi, pengamatan Bumi, dan penelitian ilmiah (UN, 2023).

Kegiatan eksplorasi antariksa saat ini menghadirkan tantangan dalam hal berkelanjutan, seperti *single-use launchers*, *non-refuelable*

satellites, dan kebutuhan untuk semua perangkat keras dan barang konsumsi yang disuplai dari Bumi. Semuanya tentu saja menambah beban pembiayaan suatu program keantariksaan. Namun dibalik itu, tantangan ini menimbulkan inisiatif tentang bagaimana *space utilization* sampai pada tahap penggunaan kembali sistem peluncur bekas pakai. Dengan demikian, *space utilization* juga dapat dikatakan sebagai pengembangan teknologi ataupun alat yang dapat menunjang kegiatan eksplorasi antariksa.

Pada awal 2020, istilah *new space age* banyak digaungkan, sebagai referensi dari kebangkitan inovasi dan ketertarikan publik terhadap eksplorasi antariksa dan penggunaan komersial dari pengiriman satelit ke *low earth orbit* (LEO) atau orbit bumi yang rendah. Adanya pengembangan baru dalam sektor keantariksaan, termasuk partisipasi miliarder dalam perjalanan wisata antariksa dan perjalanan antarplanet (Pethokoukis, 2022; Euronews, 2022). Negara seperti Amerika Serikat memiliki program pengembangan peluncur yang dapat digunakan kembali (Musk, 2018) dan rencana untuk mengirim manusia ke Mars dalam Artemis Program (NASA, 2022). Sementara itu, Tiongkok melakukan investasi dalam pengembangan stasiun antariksa Tiangong dengan tiga modul yang berlokasi di LEO (Jones, 2023).

Lalu bagaimana dengan kemampuan teknologi antariksa dan kemampuan Indonesia dalam kegiatan eksplorasi antariksa? Hal ini perlu diidentifikasi lebih lanjut untuk mengetahui posisi Indonesia di tengah kompetisi global dalam penguasaan teknologi keantariksaan, khususnya untuk eksplorasi antariksa. Penelitian mengenai hal tersebut telah dilakukan, seperti penelitian yang memetakan peluang dan tantangan Indonesia sebagai aktor dominan dalam pengembangan program antariksa di Asia Tenggara (Insyiroh, 2020). Hasilnya menunjukkan bahwa Indonesia berpotensi menjadi aktor dominan di Asia Tenggara, tetapi Indonesia menghadapi kendala karena kurangnya dana, kurangnya fasilitas, terkonsentrasinya penelitian teknologi antariksa hanya pada satu lembaga, dan bidang ini belum menjadi prioritas.

Sampai saat ini, belum ada kajian yang secara khusus dan mendalam menggambarkan posisi Indonesia dalam eksplorasi antariksa. Padahal pada era baru keantariksaan, eksplorasi antariksa berperan penting serta menjadi tren pada masa depan. Pada tahun 2019, misalnya, lebih dari 30 negara berkontribusi pada investasi global dalam eksplorasi antariksa, tetapi hanya lima di antaranya yang berkontribusi sebanyak 98% dari total. Beberapa negara tersebut adalah Amerika Serikat sebagai investor global terbesar dengan 71%, China dengan 13%, *European Union* dengan 9%, Jepang dengan 3% dan Rusia dengan 2% (Viterale, 2019).

Selain itu, ada beberapa alasan mengapa eksplorasi keantariksaan itu penting dan menjadi tren pada masa depan. Menurut Comendador (2023), alasan pertama adalah eksplorasi antariksa mendorong kemajuan ilmu pengetahuan, dengan mengeksplorasi antariksa membuat manusia dapat memahami lebih dalam tentang alam semesta, proses pembentukan bintang dan galaksi, dan yang tidak kalah penting, kita bisa menemukan ada planet lain di luar Bimasakti. Dengan kata lain, hasil mengeksplorasi antariksa dapat memperluas pemahaman manusia tentang kehidupan. Alasan berikutnya, eksplorasi antariksa mendorong kemajuan teknologi, serta dapat menginspirasi generasi muda berikutnya. Kemajuan teknologi menjadikan manusia dapat menjawab berbagai tantangan global, misalnya, dengan adanya satelit maka tersedia data penting yang dapat digunakan sebagai dasar analisis mengenai perubahan iklim, bencana alam, dan ketahanan pangan.

Melihat tren tersebut, jika Indonesia ingin menyejajarkan diri, Indonesia perlu ikut ambil bagian dalam misi eksplorasi antariksa. Namun, sejauh mana Indonesia dapat menghadapi tantangan dan berperan dalam misi eksplorasi antariksa? Bab ini membahas kemampuan Indonesia dalam melakukan program eksplorasi antariksa dan merekomendasikan hal-hal yang perlu ditingkatkan. Hal ini perlu dilakukan agar Indonesia dapat bersaing dan meningkatkan kemampuannya dalam mengeksplorasi antariksa.

B. Kegiatan dan Kemampuan Keantariksaan Negara-Negara

Kemampuan keantariksaan antarnegara memiliki tingkatan yang berbeda satu sama lain. Perbedaan ini diukur dari berbagai indikator, di antaranya kemampuan penguasaan teknologi dan kegiatan peluncuran, kemampuan meluncurkan wahana antariksa, dan tentu saja mendaratkan manusia ke Bulan. Tabel 8.1 merupakan ringkasan terkait dengan kemampuan negara-negara keantariksaan lebih maju, seperti Amerika Serikat, China, Jepang, Rusia, India, dan negara-negara di ASEAN. Data diambil dari data *worldpopulationreview.com*.

Pada Tabel 8.1, level operasional melambangkan kemampuan maksimal badan antariksa setiap negara. Negara yang hanya berfokus pada kegiatan antariksa *ground-based* ada pada level 1. Negara yang juga bisa mengoperasikan satelit masuk pada tingkat 2. Negara yang juga bisa melakukan peluncuran dan/atau memiliki bandar antariksa masuk pada level 3. Negara yang juga bisa mengirimkan *probes* ke antariksa ataupun benda langit ada pada level 4. Negara yang juga telah mengirimkan manusia ke antariksa ada pada level 5. Negara yang telah mengoperasikan stasiun antariksa ada pada level 6, dan negara yang telah mendaratkan manusia di Bulan berada pada level 7. Berbicara mengenai kemampuan dalam penguasaan teknologi dan kegiatan peluncuran, dari sekian banyak badan antariksa di dunia, hanya 16 di antaranya yang memiliki kemampuan tersebut. Jika dikerucutkan lagi, hanya tujuh yang memiliki kemampuan untuk mengirim wahana antariksa, bahkan hanya Amerika Serikat, Rusia, dan China yang mampu menerbangkan manusia ke antariksa.

Berbicara mengenai Amerika Serikat, seluruh sektor, baik kehidupan sosial, ekonomi maupun politiknya, penggunaan dan pemanfaatan keantariksaan begitu merekat. Tidak mengherankan jika Amerika terus-menerus mengeksplorasi antariksa. Hal ini juga dilakukan bersamaan dengan pemenuhan kebutuhan mereka atas teknologi terbaru yang dapat menjamin keberhasilan misi keantariksaan (Situmorang, 2020). Amerika Serikat memiliki badan antariksa bernama NASA yang merupakan badan antariksa paling aktif di

dunia. Hingga 2024, Amerika Serikat merupakan satu-satunya negara di dunia yang berhasil mendaratkan manusia di Bulan dan merupakan negara kedua yang mengirimkan manusia ke antariksa. Astronot Alan Shephard adalah manusia kedua yang berhasil dikirimkan ke antariksa pada 5 Mei 1961, beberapa minggu setelah kosmonot Rusia dikirimkan ke antariksa. Amerika Serikat merupakan kontributor utama dalam pembangunan dan pengoperasian Stasiun Antariksa Nasional atau International Space Station (ISS). Capaian lain dari NASA adalah space shuttle program, voyager and mariner probes, dan the mars rover. Selain NASA, Amerika Serikat memiliki United States Space Force yang merupakan cabang militer Amerika Serikat yang fokus pada bidang keantariksaan (worldpopulationreview, 2024).

Uni Soviet memiliki program antariksa di bawah payung Program Luar Angkasa Soviet (*Kosmicheskaya programma SSSR*) yang dimulai pada 1955 dan mencapai tonggak sejarah dengan peluncuran satelit Sputnik serta pengiriman manusia pertama ke luar angkasa, Yuri Gagarin, pada 1961. Setelah bubarnya Uni Soviet pada 1991, program tersebut diteruskan oleh Rusia melalui ROSCOSMOS, badan antariksa yang berdiri pada 1992 dan yang kemudian berkembang menjadi salah satu mitra utama dalam pembangunan serta pengelolaan Stasiun Luar Angkasa Internasional (ISS). Selain itu, Rusia juga memiliki Kosmicheskije voyska Rossii (KV), yakni cabang pasukan antariksa dari Pasukan Dirgantara Rusia. Pasukan ini dibentuk kembali setelah penggabungan antara Angkatan Udara Rusia dan Pasukan Pertahanan Dirgantara Rusia pada 1 Agustus 2015, setelah divisi independen tersebut dibubarkan pada 2011. Unit tersebut bertugas dalam sistem pertahanan ruang angkasa dan peringatan dini terhadap serangan misil.

Bagaimana dengan China? Meskipun belum pernah mengirimkan misi pesawat antariksa berawak ke Bulan, negara ini tercatat mengalami kemajuan yang pesat. Kemajuan China dimulai dengan menciptakan berbagai program pengembangan pesawat antariksa berawak dan pembangunan sebuah stasiun antariksa, serta pendirian Badan Antariksa Nasional China atau China National Space Administration

(CNSA) dan juga perusahaan pengembang teknologi luar angkasa dan rudal bernama Dirgantara Sains dan Industri China (China Aerospace Science & Industry Corporation, CASIC). Selain itu, dalam kapasitas ekonomi, China juga menjadi penyokong pengembangan program eksplorasi antariksa. Terkait pengembangan program keantariksaan, China menetapkan peta jalan pembangunan keantariksaan, *White Paper China's Space Activity*. Peta jalan ini dikeluarkan lima tahun sekali berisi pencapaian dan kemajuan program, termasuk agenda lima tahun berikutnya.

Negara Jepang memiliki Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) yang didirikan pada tahun 2003. Jepang merupakan negara keempat yang memiliki kemampuan meluncurkan satelit dalam negeri. Menarik jika melihat India, walaupun pada Tabel 8.1 menunjukkan bahwa India memiliki level yang sama dengan Jepang, namun, mengutip CNBC Indonesia, India dengan Chandrayaan-3 berhasil melakukan pendaratan wahana antariksa di Bulan. Bahkan, mencatatkan rekor dunia, sebagai negara pertama yang mendarat di Kutub Selatan Bulan. Berdasarkan prediksi *Times*, India memiliki daya tarik untuk dijadikan mitra strategi negara-negara yang berminat mengembangkan keantariksaannya karena kebijakannya yang menawarkan harga murah, tetapi kualitas teknologinya kompetitif. Hal ini dikarenakan India mampu memanfaatkan seluruh potensi sumber daya dalam negerinya.

Bagaimana dengan negara-negara kawasan Asia Tenggara? Indonesia, Singapura, Vietnam, Filipina, Malaysia, dan Thailand, semuanya masih berada pada level yang sama. Kesamaan ini mungkin disebabkan cara pandang yang sama bahwa pengembangan program keantariksaan lebih banyak dimanfaatkan untuk kepentingan ekonomi, sosial, dan keamanan nasional. Lain halnya negara-negara, seperti Amerika Serikat, Rusia, China ataupun India yang fokus pada eksplorasi antariksa.

Di ASEAN, Indonesia termasuk negara tertua yang memiliki lembaga keantariksaan yaitu pada tahun 1963 ketika LAPAN berdiri. Indonesia juga merupakan negara pertama di ASEAN yang telah meluncurkan satelit. Di Malaysia, program antariksa dimulai pada 1988 dengan fokus pada penginderaan jauh (Insyiroh, 2020). Meskipun badan antariksa Malaysia baru berdiri pada 2002, namun melalui kerja sama dengan perusahaan Amerika Serikat, satelit Malaysia berhasil mengorbit pada 1998.

Negara ASEAN lainnya yaitu Thailand yang mulai memanfaatkan teknologi antariksa pada 1971, kemudian Thailand membentuk program penginderaan jauh pada 1979 dan mulai membangun *ground station* pada 1982. Kemudian, Thailand meluncurkan satelit komunikasi GEO pada 1963 (Insyiroh, 2020). Sementara itu, Filipina termasuk negara ASEAN yang kurang cepat dalam perkembangan teknologi antariksa. Namun, Filipina telah memiliki dokumen hukum terkait keantariksaan yang diresmikan pada Agustus 2019 yaitu *Philippine Space Act*. Selain itu, Filipina memiliki Lembaga pemerintah yang berkaitan dengan pemanfaatan teknologi antariksa pada tahun 1970-an yaitu PAGASA dan NAMRIA pada tahun 1987 (Insyiroh, 2020).

Singapura meskipun merupakan aktor baru dalam pengembangan program antariksa, namun Singapura menunjukkan kemajuan pesat dalam program antariksa dikarenakan memiliki modal yang cukup (Insyiroh, 2020). Pengembangan antariksa di Singapura belum dilakukan melalui badan antariksa khusus namun melalui perantara pusat riset di bidang *remote sensing* dan satelit. Program pengembangan teknologi keantariksaan dimulai oleh Office for Space Technology and Industry (OSTIn) dan National Research Foundation yang membiayai periset di Singapura untuk melakukan inovasi lokal keantariksaan untuk sektor nasional, seperti penerbangan dan maritim (Geoworks, 2022). Pada sektor swasta, Singapura memiliki organisasi nonpemerintah di bidang industri *aerospace* yaitu Singapore Space and Technology Ltd. (SSTL).

Selain Singapura, Vietnam merupakan negara yang cukup lama berkiprah di bidang keantariksaan. Vietnam memiliki sejarah mengirimkan kosmonot pertama bernama Pham Tuan ke antariksa melalui program interkosmos yang dimiliki Uni Soviet pada tahun 1979 (Insiyroh, 2020). Meskipun Vietnam memiliki warga negara yang berhasil ke antariksa, namun nilai pada Tabel 8.1, Vietnam masih berada pada level 2. Hal ini karena program mengirimkan manusia ke antariksa bukan diinisiasi oleh Vietnam secara mandiri, namun melalui program Uni Soviet.

C. Manfaat Eksplorasi Antariksa

Manusia terhitung telah lama mengeksplorasi antariksa dan merasakan manfaatnya untuk meningkatkan kualitas hidup. Manfaat eksplorasi antariksa lebih dari sekadar capaian pengetahuan dan kemajuan teknologi, tetapi juga membawa sejumlah implikasi bagi masa depan umat manusia. Di masa depan, tujuan dari pengembangan eksplorasi antariksa adalah mengirimkan manusia dan robot hingga ke wilayah yang lebih jauh, melampaui orbit Bumi rendah (*low earth orbit*).

Berdasarkan The International Space Exploration Coordination Group (ISECG, Kelompok Koordinasi Eksplorasi Antariksa Internasional) (2013), eksplorasi antariksa telah menstimulasi munculnya dampak berwujud (*tangible impact*) dan tak berwujud (*intangible impact*) bagi umat manusia. Dampak berwujud, termasuk semua inovasi terkait dengan aplikasi dan manfaat yang dihasilkan dari investasi program eksplorasi antariksa, seperti produk dan layanan sebagai *spin-off* ke dalam pasar.

Tabel 8.1 Kemampuan Keantariksaan Negara - negara

Negara	Level Operasional	Operasi Satelit	Dapat Meluncurkan	Mengirimkan Probes	Penerbangan Manusia ke Antariksa	Stasiun Antariksa	Manusia di Bulan	Badan Antariksa
India	4	Yes	Yes	Yes	No	No	No	Indian Space Research Organisation (ISRO)
China	6	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	China National Space Administration (CNSA) and China Manned Space Agency (CMSA)
United States	7	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	National Aeronautics and Space Administration (NASA) and United States Space Force (USSF)
Indonesia	2	Yes	No	No	No	No	No	National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN)/ Aeronautics and Space Research Organization (ORPA BRIN)
Russia	6	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	State Space Corporation Roscosmos (ROS-COSMOS)
Japan	4	Yes	Yes	Yes	No	No	No	Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)
Philippines	2	Yes	No	No	No	No	No	Philippine Space Agency (Philsa)
Vietnam	2	Yes	No	No	No	No	No	Vietnam National Space Center (VAST-VNSC)
Thailand	2	Yes	No	No	No	No	No	Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (GISTDA)
Malaysia	2	Yes	No	No	No	No	No	Malaysian Space Agency (MYSA)
Singapore	2	Yes	No	No	No	No	No	Centre for Remote Imaging, Sensing and Processing (CRISP)/Office for Space Technology.

Sumber: worldpopulationreview (2024)

Selain meningkatkan ilmu pengetahuan dan teknologi, eksplorasi antariksa secara lebih jauh dapat meningkatkan pengembangan kapasitas tenaga kerja dan kemampuan industri sehingga dapat menstimulasi hingga ke perusahaan swasta dan industri. Pada akhirnya, eksplorasi antariksa berkontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi seperti pada negara-negara penjelajah ruang angkasa (*space faring nations*).

Sementara itu, dampak tak berwujud dari eksplorasi antariksa mencakup dimensi sosial dan filosofi yang berkaitan dengan pemahaman manusia terhadap alam semesta serta tujuan dari kehidupan manusia. Dampak ini tecermin, contohnya, dalam pengayaan kebudayaan, munculnya inspirasi untuk masyarakat, dan terciptanya kesepahaman dalam kerja sama internasional di antara negara-negara pelaku eksplorasi antariksa (*space faring nations*). Terlepas dari dampak keduanya, baik yang berwujud maupun tidak, yang paling fundamental/mendasar dari eksplorasi antariksa terletak pada lahirnya inovasi, penguatan nilai-nilai kebudayaan dan inspirasi, serta penemuan cara-cara baru untuk mengatasi tantangan global (ISECG, 2013).

Eksplorasi antariksa, menurut ISECG (2013), juga dapat bermanfaat dan berdampak, baik langsung maupun tidak. Bermanfaat secara langsung, seperti peningkatan ilmu pengetahuan, difusi inovasi dan penciptaan pasar, menginspirasi orang-orang seluruh dunia, serta mendorong peningkatan perjanjian antar negara yang terlibat dalam eksplorasi. Sementara itu, manfaat tidak langsung yang dihasilkan eksplorasi antariksa adalah peningkatan terhadap kualitas hidup, seperti peningkatan kemakmuran ekonomi, kesehatan, kualitas lingkungan, keselamatan, dan keamanan. Manfaat ini juga mencakup manfaat filosofis yang tidak berwujud seperti pemahaman yang lebih mendalam dan perspektif baru tentang tempat manusia secara individu dan kolektif di alam semesta. Ringkasan manfaat dari eksplorasi antariksa sebagaimana Tabel 8.2.

Tabel 8.2 Manfaat dari Eksplorasi Antariksa

Manfaat Fundamental eksplorasi antariksa mendorong inovasi teknologi, memperkaya kebudayaan dan inspirasi, dan menghadirkan cara baru untuk mengatasi tantangan global	
Manfaat langsung menginspirasi orang lain, menghasilkan ilmu pengetahuan baru, meningkatkan kompetensi teknis nasional, inovasi ditransfer ke dalam pengembangan aplikasi baru, meningkatkan kapasitas dan produktivitas kerja di bidang keantariksaan membuka pasar baru untuk produk dan layanan keantariksaan, dan memperkuat kemitraan internasional eksplorasi antariksa.	Manfaat tidak langsung mendorong kemajuan/pertumbuhan ekonomi, bermanfaat untuk kesehatan, berkontribusi terhadap pelestarian lingkungan, meningkatkan keamanan dan keselamatan, memperluas pengalaman manusia, dan memperdalam pemahaman tentang posisi umat manusia dalam alam semesta.

Sumber: ISECG (2013)

Oleh karena itu, terdapat cukup banyak contoh manfaat sosial terkait pengetahuan dan teknologi baru pada eksplorasi antariksa. Eksplorasi antariksa telah berkontribusi pada banyak aspek kehidupan sehari-hari, mulai dari panel surya hingga alat monitor jantung yang dapat ditanamkan, mulai dari pengobatan kanker hingga material ringan, dari sistem pemurnian air hingga peningkatan sistem komputer, serta sistem pencarian dan penyelamatan global (ISECG, 2013).

Eksplorasi antariksa akan terus menjadi pendorong penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Ke depannya, peran ini akan semakin penting karena mampu mendorong kolaborasi lintas bidang dalam penelitian dan pengembangan antariksa. Dampaknya tidak hanya terbatas pada ranah antariksa, tetapi juga menjangkau berbagai bidang, seperti material baru, pembangkit listrik dan penyimpanan energi, pengelolaan limbah, robot canggih, kesehatan dan pengobatan, transportasi, teknik, komputasi, hingga perangkat lunak. Misalnya, teknologi antariksa telah menghasilkan inovasi di bidang kedokteran dan pelayanan kesehatan. Perkembangan teknologi medis baru, seperti telemedis dan pemantauan *telehealth* memungkinkan

para profesional kesehatan memberikan pelayanan yang lebih baik kepada pasien di daerah terpencil yang kurang terlayani karena sulit dijangkau.

Teknologi lain yang berhasil dikembangkan dalam penelitian antariksa adalah teknologi CTScan. Teknologi ini awalnya lahir dari proyek Neutron Star Interior Composition Explorer (NICER) milik NASA yang bertujuan mengembangkan eksperimen astrofisika untuk diluncurkan ke Stasiun Antariksa Internasional (ISS). Dalam proyek ini, para peneliti menghadapi tantangan besar karena mereka perlu mengembangkan teknik sinar-X baru untuk melihat lebih dekat abu pijar yang tertinggal ketika bintang masif meledak menjadi supernova dan membentuk bintang neutron. Hal yang tidak diperkirakan sebelumnya oleh NICER adalah teknologi yang mereka kembangkan untuk mengatasi tantangan keantariksaan ini juga dapat dimanfaatkan dalam bidang kedokteran, khususnya dalam pengembangan teknologi CT Scan yang lebih canggih dan akurat (NASA, 2022). Selain itu, penelitian mengenai dampak *microgravity* (keadaan tanpa gravitasi) pada tubuh manusia selama di luar angkasa juga memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang tubuh manusia. Temuan ini membantu pengembangan pengobatan baru untuk penyakit, seperti osteoporosis dan atrofi otot (NASA, 2023).

Adanya tantangan dan sulitnya perjalanan ke antariksa telah mendorong lahirnya inovasi dan pengembangan teknologi baru, seperti satelit komunikasi, sistem navigasi, dan sistem prakiraan cuaca. Teknologi ini memberikan dampak penting pada kehidupan manusia sehari-hari sehingga memungkinkan komunikasi yang lebih cepat dan luas, navigasi yang lebih akurat, dan prediksi cuaca yang lebih tepat. Lebih lanjut, terciptanya inovasi yang diperlukan untuk eksplorasi antariksa, seperti miniaturisasi, akan menghasilkan perbaikan pada sistem dan layanan berbasis antariksa lainnya sehingga meningkatkan kinerja dan biaya operasional yang lebih rendah. Inovasi ini akan meningkatkan layanan pada kehidupan manusia sehari-hari di Bumi dan meningkatkan keuntungan ekonomi bagi aktivitas organisasi dan

sektor komersial yang berinvestasi dalam industri antariksa (ISECG, 2013).

Lebih jauh lagi, pengetahuan dan wawasan yang diperoleh dari eksplorasi antariksa juga dapat berkontribusi dalam penerapan kebijakan pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan (ISECG, 2013). Pengamatan Bumi dari antariksa memungkinkan para ilmuwan untuk lebih memahami dinamika iklim, struktur geologi, dan kondisi ekosistem Bumi. Pengetahuan ini memungkinkan manusia untuk mengelola dan melindungi sumber daya alam Bumi dengan lebih baik, serta mengembangkan praktik pembangunan yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Antusiasme yang muncul dari eksplorasi antariksa tidak hanya berdampak pada kemajuan ilmu pengetahuan dan teknomogi, tetapi juga dapat menarik minat generasi muda untuk berkarier di bidang sains, teknologi, teknik, dan matematika (STEM), serta membantu membangun kapasitas global untuk inovasi ilmiah dan teknologi (ISECG, 2013). Daya tarik dan keunikan perjalanan ke angkasa luar menumbuhkan rasa ingin tahu dan antusiasme generasi muda. Hal ini juga menginspirasi mereka untuk menjelajah dan belajar tentang antariksa. Selain itu, juga mendorong terciptanya generasi baru ilmuwan, insinyur, dan inovator yang mampu mengatasi tantangan kompleks pada masa depan.

Selain membangkitkan minat terhadap STEM, program pendidikan keantariksaan seperti program peningkatan wawasan keantariksaan dari NASA dan ESA telah membantu meningkatkan literasi sains dan teknik di kalangan pelajar dan masyarakat umum. Eksperimen sains yang dilakukan di Stasiun Antariksa Internasional (*International Space Station* atau ISS) memungkinkan siswa mempelajari prinsip-prinsip sains dan teknologi secara langsung dalam situasi dunia nyata.

Eksplorasi antariksa menawarkan perspektif yang terus berkembang mengenai posisi umat manusia di alam semesta, yang umum bagi semua orang. Setiap hari, misi penjelajahan antariksa memenuhi keingintahuan manusia, menghasilkan pemahaman tentang tata surya yang membawa manusia semakin dekat untuk menjawab pertanyaan-

pertanyaan mendalam yang telah lama ditanyakan, seperti “apa hakikat alam semesta?”, “apakah ada kehidupan lain selain di bumi di alam semesta ini?” (ISECG, 2013).

Para ilmuwan dapat mengumpulkan data dan pengetahuan tentang pembentukan dan evolusi alam semesta karena adanya pengiriman wahana antariksa. Pengetahuan ini, kemudian membantu manusia lebih memahami hukum dasar fisika dan perilaku benda langit, yang telah membawa kemajuan signifikan dalam bidang-bidang, seperti astronomi dan astrofisika.

Eksplorasi antariksa dapat menjadi upaya global yang berkontribusi terhadap kepercayaan dan diplomasi antarnegara (ISECG, 2013). Hal ini dikarenakan misi antariksa kerap kali melibatkan kerja sama antara berbagai negara, contohnya, misi *International Space Station* (ISS) yang melibatkan NASA (Amerika Serikat), Roscosmos (Rusia), ESA (Eropa), JAXA (Jepang), dan CSA (Kanada). Kerja sama dalam misi eksplorasi antariksa juga membantu menciptakan perdamaian dan mendorong adanya kolaborasi antarnegara. Misalnya, proyek uji coba Apollo-Soyuz pada 1970-an yang merupakan tonggak sejarah besar dalam eksplorasi antariksa karena proyek tersebut mempertemukan astronot dari Amerika Serikat dan kosmonot dari Uni Soviet dalam kerja sama dan perdamaian internasional.

Selain itu, peningkatan kemitraan global dan kemampuan eksplorasi antariksa dapat membantu meningkatkan kesiapan internasional dalam melindungi bumi dari peristiwa bencana antariksa, baik akibat benda jauh alami maupun buatan; menstimulasi pemanfaatan penelitian tentang cuaca antariksa, lingkungan antariksa, dan astrofisika; serta mencari cara baru untuk menanggulangi sampah antariksa.

Eksplorasi antariksa juga dapat memberikan manfaat ekonomi. Di pasar global, industri antariksa telah berkembang menjadi sektor ekonomi yang cukup penting karena mampu menciptakan lapangan kerja dan mendorong inovasi. Perusahaan swasta, seperti SpaceX dan Blue Origin merupakan contoh eksplorasi antariksa dapat menjadi usaha yang menguntungkan, mendorong investasi, dan perkembangan teknologi lebih lanjut. Manfaat ekonomi lainnya bisa didapatkan apa-

bila manusia mampu mengeksplorasi sumber daya alam yang terdapat di antariksa. Misalnya, mineral di asteroid, penambangan asteroid dapat menjadi sumber baru bahan baku yang langka. Sementara itu, sumber daya seperti helium-3 yang ada di bulan dapat menjadi bahan bakar yang potensial untuk reaktor nuklir masa depan.

Meskipun manfaat eksplorasi antariksa pada masa depan tidak dapat diprediksi secara pasti, tren saat ini menunjukkan bahwa manfaat signifikan dapat dihasilkan di berbagai bidang, seperti material baru, kesehatan dan obat-obatan, transportasi, dan teknologi komputer. Eksplorasi antariksa juga menciptakan peluang baru dalam penciptaan lapangan kerja dan pertumbuhan ekonomi. Hal ini terjadi karena semakin banyak perusahaan swasta berinvestasi dalam eksplorasi antariksa. Mereka berupaya mengembangkan teknologi dan metode baru agar eksplorasi antariksa lebih terjangkau, dapat diandalkan sehingga lebih berkelanjutan dan menguntungkan. Dengan begitu, eksplorasi antariksa tidak hanya menjadi bidang yang menguntungkan secara ilmiah, tetapi juga secara ekonomi, karena mampu mendorong inovasi, menciptakan pasar baru, dan menarik investasi dalam skala besar. (ISECG, 2013).

D. Posisi Indonesia dalam eksplorasi antariksa

Indonesia sendiri telah menunjukkan ketertarikan dan kemampuan dalam eksplorasi keantariksaan meskipun masih tahap awal apabila dibandingkan negara maju, bahkan apabila dibanding dengan sesama negara berkembang, seperti India. Namun, setidaknya, Indonesia memiliki Undang-Undang Nomor 21 Tahun 2013 tentang Keantariksaan sebagai regulasi khusus yang menjadi landasan dalam upaya meningkatkan kemampuan teknologi keantariksaan dan pemanfaatannya. Indonesia pun membentuk Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) sebagai badan antariksa yang dalam penyelenggaraan tugas dan fungsi keantariksaan beralih menjadi bagian dari Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 78 Tahun 2021 tentang Badan Riset dan Inovasi Nasional. Indonesia juga telah melakukan pengembangan beberapa

satelit untuk keperluan komunikasi, pemantauan, dan penelitian bumi, meskipun proses peluncuran satelitnya masih menggunakan fasilitas asing.

Selain itu, melalui Peraturan Presiden Nomor 45 Tahun 2017 tentang Rencana Induk Penyelenggaraan Kegiatan Keantariksaan Nasional 2016–2040 (Renduk Keantariksaan), Indonesia telah menetapkan target jangka panjang dengan tujuan menciptakan kemandirian dalam penyelenggaraan keantariksaan. Renduk Keantariksaan mencantumkan berbagai target dalam kegiatan sains antariksa, pengindraan jauh, penguasaan teknologi keantariksaan, baik satelit, roket maupun aeronautika, peluncuran, dan komersialisasi. Adapun target yang ingin dicapai tersebut dijabarkan pada Tabel 8.3.

Tabel 8.3 Target Rencana Induk Penyelenggaraan Kegiatan Keantariksaan Nasional 2040

Kegiatan	Target 2040
Sains antariksa	Sistem Pendukung Kebijakan (<i>Decision Support System, DSS</i>) berbasis sains antariksa dan atmosfer yang terintegrasi dan terstandar, serta menjadi rujukan dalam pembangunan nasional; Partisipasi aktif pada kegiatan internasional berbasis antariksa;
Pengindraan jauh	Beroperasinya satelit pengindraan jauh nasional berbasis konstelasi; Meningkatnya kemandirian dalam pengoperasian dan pengembangan sistem satelit pengindraan jauh nasional, serta pemanfaatannya;
Penguasaan teknologi roket	Terlaksananya peluncuran roket pengorbit satelit mikro LEO
Penguasaan teknologi satelit	Beroperasinya satelit observasi bumi, telekomunikasi, dan navigasi; Terwujudnya penguasaan dan kemandirian dalam merancang, membangun, menguji, dan mengoperasikan satelit observasi Bumi untuk berbagai misi; Terbinanya kemampuan dalam pembangunan satelit telekomunikasi;

Kegiatan	Target 2040
Penguasaan teknologi aero-nautika	Membangun pesawat terbang nasional jenis baru dan teknologi terbaru sesuai dengan kebutuhan nasional; Melibatkan lembaga penelitian dan pengembangan, serta perguruan tinggi dengan teknologi terbaru dalam bidang sistem, <i>airframe</i> atau aero struktur, navigasi, dan propulsi dengan pesawat jenis terbaru; Membangun konstelasi satelit navigasi regional ASEAN berbasis <i>space asset</i> milik Indonesia dengan teknologi milik GPS/GALILEO/COMPASS/GLONASS;
Peluncuran	Beroperasinya bandar antariksa untuk roket berdiameter besar;
Komersialisasi	Kemampuan melayani jasa peluncuran, baik untuk dalam negeri maupun luar negeri ke orbit LEO dengan menggunakan roket pengorbit satelit sendiri dari stasiun peluncuran atau bandar antariksa yang ada di wilayah Indonesia. Mampu melayani dan/atau menyediakan jasa telekomunikasi melalui satelit komunikasi nasional.

Sumber: PerPres No. 45 (2017)

Mengacu pada Tabel 8.3, jika ditarik kesimpulan, Indonesia secara umum menargetkan tentang penguasaan pembuatan roket peluncur, satelit buatan sendiri, dan kemampuan dalam pemanfaatan keantariksaan, namun belum mengisyaratkan hingga eksplorasi antariksa. Peraturan perundang-undangan tentang keantariksaan yang ada, lebih banyak mengatur tata cara penyelenggaraan dan strategi penguasaan teknologi dalam rangka kemandirian keantariksaan.

Hal ini dapat dipahami karena sama halnya dengan sebagian besar negara-negara berkembang dalam dunia keantariksaan, prioritas Indonesia adalah penguatan penguasaan teknologi satelit untuk pengamatan bumi dan telekomunikasi, belum pada kegiatan eksplorasi keantariksaan. Meskipun prioritas Indonesia saat ini belum ikut serta dalam kegiatan eksplorasi antariksa dengan misi keluar dari orbit Bumi, BRIN sebagai lembaga pemerintah yang menyelenggarakan kegiatan keantariksaan akan tetap terlibat di dalam eksplorasi Bulan melalui kerja sama multilateral (Djamaluddin & Handoko dalam Astungkoro, 2023). Pada 2020, melalui Badan Antariksa Rusia, Roscosmos, Rusia dan Indonesia dilaporkan tengah berunding tentang

pengiriman astronot pertama Indonesia ke antariksa. Hal ini untuk mengikuti jejak sebelumnya, ketika Rusia berhasil mengirim astronot dari Turki dan Hungaria ke antariksa (Hananto, 2020).

Melihat dari aksi Indonesia pada bidang keantariksaan dan wacana ingin memperkuat peran di bidang eksplorasi antariksa, seperti keterlibatan dalam misi ke Bulan dan telah merundingkan keinginan untuk pengiriman kosmonot Indonesia ke antariksa. Oleh karena itu, pada pembahasan ini, terdapat analisis strength, weakness, opportunity, threat (SWOT) untuk posisi Indonesia dalam eksplorasi antariksa. Lebih lanjut, untuk menjawab apakah memungkinkan dan penting bagi Indonesia saat ini mengikuti program pengiriman kosmonot ke antariksa sebagai bagian eksplorasi antariksa? Bagaimana sebaiknya Indonesia berkontribusi dalam eksplorasi antariksa? Tabel 8.4 adalah peta analisis SWOT posisi Indonesia dalam misi eksplorasi antariksa.

Tabel 8.4 Analisis SWOT Posisi Indonesia dalam Eksplorasi Antariksa

Kekuatan	Memiliki lokasi strategis sebagai lokasi bandar antariksa sehingga berpotensi sebagai lokasi peluncuran wahana antariksa secara global; Berpartisipasi aktif dalam forum keantariksaan internasional; Memiliki sumber daya alam yang cukup untuk bisa dimanfaatkan sebagai bahan pengembangan teknologi keantariksaan.
Kelemahan	Belum ada regulasi yang mengatur peran Indonesia dalam eksplorasi antariksa; Keterbatasan anggaran; Infrastruktur keantariksaan yang masih perlu diperkuat ; Keterbatasan sumber daya manusia yang terlatih dan memiliki keahlian di bidang keantariksaan, khususnya eksplorasi antariksa masih terbatas; Kurangnya sinkronisasi regulasi dan proses birokrasi yang cukup rumit sehingga dapat memperlambat proyek antariksa; Ketergantungan pada teknologi asing terutama pada bahan baku dasar.
Peluang	Terbukanya program dan kerja sama internasional; Kemajuan teknologi baru; Adanya peluang dan minat investasi dari swasta.

Ancaman	Kompetisi global dan regional; Risiko kegagalan teknologi
---------	--

Pada Tabel 8.4 diketahui bahwa kekuatan adalah kompetensi khusus yang memberikan keunggulan komparatif bagi Indonesia, terutama karena memiliki lokasi strategis sebagai bandar antariksa. Nilai strategis wilayah Indonesia dalam konteks keantariksaan dapat dilihat dari posisinya yang sejajar dengan garis Geo Stationary Orbit (GSO). Posisi ini menjadikan wilayah Indonesia memiliki keunggulan strategis dari sisi keamanan dan kestabilan orbit. Artinya, keamanan wilayah dipastikan terjamin (Wardana & Putranti, 2021). Selain itu, letak geografis Indonesia yang dilalui garis ekuator memberikan keuntungan tambahan dalam kegiatan peluncuran roket dan satelit. Wilayah ekuator memiliki kecepatan rotasi Bumi yang ideal dan hemat bahan bakar sehingga bagi negara yang ingin meluncurkan roket sekaligus satelitnya bisa mendapatkan harga lebih murah jika melalui Indonesia.

Kekuatan ini kemudian mendorong terbukanya peluang dan minat investasi, terutama dari luar negeri untuk pembangunan bandar antariksa. Banyak negara yang berminat melakukan kerja sama internasional dalam pembangunan bandar antariksa. Bahkan Amerika Serikat, Jepang, India, dan Tiongkok telah mengunjungi Biak (Pradana & Permatasari 2021).

Meskipun demikian, yang perlu diperhatikan adalah tingkat penguasaan teknologi keantariksaan, terutama roket dan satelit Indonesia masih pada tahap pengembangan. Selain itu, dukungan infrastruktur dan sumber daya manusia Indonesia belum sekuat negara-negara maju sehingga perlu ditemukan skema kerja sama internasional yang sesuai. Terlebih, belum adanya *role model* investasi biaya besar bidang keantariksaan (Shidqon, 2023)

Ancaman adalah situasi yang tidak menguntungkan, dalam hal keantariksaan terutama berkaitan dengan potensi kegagalan teknologi. Kegagalan ini bisa disebabkan oleh kesalahan desain, pengoperasian, kelalaian, dan kesengajaan manusia dalam penggunaannya. Dengan

adanya kompetisi, baik regional maupun global yang semakin ketat, potensi ancaman semacam ini menjadi faktor penting yang harus diantisipasi. Oleh karena itu, dalam perencanaan dan pengembangan teknologi keantariksaan guna mendukung kegiatan eksplorasi keantariksaan, Indonesia perlu mempertimbangkan berbagai kondisi dan kesiapan sumber daya keantariksaan, termasuk mekanisme penanganan bencana antariksa akibat terjadinya kegagalan teknologi.

Berdasarkan analisis kekuatan, potensi, kelemahan, dan tantangan pada Tabel 8.4, pertanyaan selanjutnya, apakah perlu bagi Indonesia merencanakan dan melaksanakan misi eksplorasi antariksa untuk saat ini? Oleh karena itu, dengan melihat prioritas, kondisi, dan kemampuan, sebaiknya Indonesia fokus untuk mengembangkan dan menguasai teknologi, serta mengembangkan infrastruktur antariksa, seperti satelit, roket, dan bandar antariksa.

Jika melihat anggaran negara untuk kegiatan keantariksaan memang tergolong masih terbatas. Anggaran keantariksaan Indonesia pada tahun 2019 yaitu 55 juta USD (Space in Africa, 2021). Sementara itu, PDB pada tahun 2019 adalah 1,119 triliun USD. Dengan demikian, rasio anggaran keantariksaan apabila dibandingkan PDB adalah 0,0049%, sangat kecil bila dibandingkan rasio anggaran negara-negara penjelajah ruang angkasa (*space faring*). Ketimbang mengalokasikan anggaran untuk program pengiriman astronot ke antariksa, sebaiknya anggaran digunakan untuk meningkatkan keahlian sumber daya penelitian keantariksaan, mengembangkan teknologi roket dan satelit, serta membangun bandar antariksa agar Indonesia dapat berdikari untuk meluncurkan satelit dari tanah air Indonesia sendiri, sesuai UU Keantariksaan dan tujuan dari Renduk Keantariksaan.

Selain itu, Indonesia perlu secara bertahap berkontribusi pada program eksplorasi antariksa. Tahapan dimulai dari penguatan fondasi terhadap kemampuan untuk meluncurkan wahana antariksa di tanah sendiri, kemudian, pada jangka panjang diarahkan untuk dapat mengirimkan pesawat ruang angkasa tanpa awak (*uncrewed spacecraft*) atau wahana antariksa (*space probes*), seperti robot ke angkasa luar. Dalam hal ini, Indonesia perlu mulai mengembangkan

produk yang memenuhi syarat ruang angkasa (*space qualified*). Yang dimaksud dengan *space qualified* adalah produk ataupun material yang memenuhi syarat untuk bisa dikirim dan bertahan untuk menetap di antariksa. Untuk mengembangkan produk ini, membutuhkan laboratorium khusus dalam implementasinya. Saat ini, Indonesia belum memiliki laboratorium untuk mengembangkan produk yang memenuhi syarat ruang angkasa. Pada jangka panjang, Indonesia sudah harus mampu mengirimkan satelit dengan roket peluncur buatan sendiri dari bandar antariksa sendiri. Selain itu, Indonesia juga dapat memaksimalkan lokasi geografis yang strategis untuk membangun bandar antariksa. Lebih lanjut, bandar antariksa ini dapat dikomersialisasikan secara global kepada negara-negara yang mempunyai misi untuk mengirimkan pesawat ruang angkasa, baik berawak (*crewed*) maupun tanpa awak (*uncrewed spacecraft*), melalui bandar antariksa Indonesia.

Untuk jangka menengah, Indonesia tetap dapat berkontribusi pada misi eksplorasi antariksa melalui kerja sama dengan negara-negara lain, baik melalui kerja sama multilateral maupun bilateral. Pemerintah Indonesia bisa mengirimkan peneliti Indonesia untuk berkontribusi dalam menganalisis data-data yang diperoleh dari eksplorasi antariksa. Misalnya, pada misi eksplorasi ke Bulan dan ke Mars, diperoleh data ilmiah yang diambil dalam eksplorasi tersebut. Oleh karena itu, peneliti Indonesia dapat ikut serta menganalisis sampel data yang diambil.

Indonesia juga perlu memperkuat sumber daya manusia agar dapat menguasai penelitian di bidang sains antariksa ini, salah satunya dengan mengirimkan peneliti untuk studi doktoral ataupun *post-doctoral* pada bidang sains antariksa. Di perguruan tinggi seperti Institut Teknologi Bandung, terdapat kelompok riset yang berfokus untuk melakukan penelitian ke Bulan atau *mission to the moon*. Misinya, Indonesia dapat mengirimkan muatan (*payload*) ke Bulan. Pemerintah Indonesia perlu mendukung ketersediaan kelompok keilmuan ini dan saling bersinergi antara pemerintah, perguruan tinggi, dan industri.

E. Penutup

Jika menilik level kemampuan keantariksaan ataupun tahapan proses eksplorasi antariksa, posisi Indonesia masih pada level yang sama dengan negara-negara Asia Tenggara dan tertinggal dibandingkan India. Indonesia saat ini masih berada pada *space utilization* yaitu memanfaatkan teknologi antariksa dan data berbasis antariksa untuk meningkatkan kehidupan di Bumi, baik untuk tujuan komersial, ilmiah, maupun operasional. Selain itu, Indonesia juga telah memasuki tahap *space observation* dengan mendirikan fasilitas observatorium nasional di Timau dan Bosscha.

Dengan melihat fakta tersebut, semestinya yang dilakukan Indonesia adalah tetap fokus pada pencanangan target penguasaan teknologi keantariksaan, mulai dari mampu membuat roket peluncur beserta satelit buatan sendiri, dan penyediaan infrastruktur peluncuran dengan membangun bandar antariksa. Target yang kemudian diperkuat adalah bagaimana membuat sistem pendanaan, strategi kerja sama dan kolaborasi internasional, sembari memperkuat sumber daya keantariksaan, mulai dari sumber daya manusia hingga infrastrukturnya.

Lembaga keantariksaan, pemerintah, organisasi internasional, dan swasta saat ini fokus pada bagaimana mengakses dan menggunakan sumber daya yang ada di antariksa. Bahkan, saat ini tertarik pada *space resource utilization* untuk beberapa kegiatan, seperti bagaimana memproduksi oksigen dan bahan di Bulan dan Mars, dan ekstraksi air dari kutub Bulan. Dengan demikian, penting bagi Indonesia untuk melihat posisi dan kemampuannya, serta melihat adanya peluang dalam ikut berkolaborasi sekaligus berkontribusi terhadap tren keantariksaan dunia saat ini.

Daftar Pustaka

- Astungkoro, R. (2023, 30 Mei). BRIN akui kegiatan eksplorasi antariksa Indonesia tertinggal. *Republika*. <https://news.republika.co.id/berita/rvfg8y423/brin-akui-kegiatan-eksplorasi-antariksa-indonesia-tertinggal>
- Comendador, N. (2023, 31 Maret). 5 reason why space exploration matters. *Space Connect*. <https://www.spaceconnectonline.com.au/r-d/5842-5-reasons-why-space-exploration-matters>
- Countries with space program. (t.t.) *World Population Review*. Diakses pada 10 Juli 2024, dari <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/countries-with-space-programs>
- Del Canto Viterale, F. (2023). Transitioning to a new space age in the 21st century: A systemic-level approach. *Systems*, 11(5), 232.
- ESPI. (2021). ESPI Report 77: New Space in Asia - Experts views on space policy and business trends in Asian countries. ESPI. <https://www.espi.or.at/wp-content/uploads/2022/06/ESPI-Public-Report-77-New-Space-in-Asia-Full-Report.pdf>
- Euronews. (2022, 2 Februari). To infinity and beyond: the new space age. *Euronews*. <https://www.euronews.com/business/2022/02/02/to-infinity-and-beyond-the-new-space-age>
- Garber, S. (2007, 10 Oktober). Sputnik and the dawn of the space age. *NASA*. <https://www.nasa.gov/history/sputnik/index.html>
- Geoworks. (2022, 9 Februari). Singapore Government to invest \$150 million in space-tech R&D. *Singapore Land Authority (SLA)*. <https://www.sla.gov.sg/geoworks/settings/archives/february-2022/singapore-government-to-invest-150-million-in-space-tech-rnd>
- Global Space Budget—A Country-level Analysis. (2021, 9 Maret). *Space in Africa*. Diakses pada 4 Agustus 2024, dari <https://spaceinafrica.com/2021/03/09/global-space-budgets-a-country-level-analysis/>
- Hananto, A. (2020, 1 Januari). Indonesia berencana kirim astronot pertama ke luar angkasa bersama Rusia. *GNFI*. <https://www.goodnewsfromindonesia.id/2020/01/01/indonesia-berencana-kirim-astronot-pertama-ke-luar-angkasa-bersama-rusia>
- Insiyiroh, I. M. (2020). Memetakan peluang dan tantangan Indonesia sebagai aktor dominan dalam pengembangan program antariksa di Kawasan Asia Tenggara. *Jurnal Kajian Kebijakan Penerbangan dan Antariksa*, 1(1), 59–75. <http://dx.doi.org/10.30536/jkkpa.v1n1.5>
- ISECG. (2013). Benefits stemming from eksplorasi antariksa. *International eksplorasi antariksa Coordination Group*. <https://www.>

- globalspaceexploration.org/wordpress/wp-content/uploads/2013/10/Benefits-Stemming-from-Space-Exploration-2013.pdf
- Jones, A. (2023, 15 Agustus). China's space station, Tiangong: A complete guide. Space. <https://www.space.com/tiangong-space-station>
- Logsdon, J. M. (2024, 2 Agustus). Space Exploration. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/space-exploration>
- Moltz, J. C. (2011). *Asia's Space Race: National motivations, regional rivalries, and international risks*. Columbia University Press.
- Musk, E. (2018). Making life multi-planetary. *New Space*, 6(1), 2–11. <https://doi.org/10.1089/space.2018.29013.emu>
- NASA. (2021, 21 November). What is the Artemis Program? (Grades 5–8). <https://www.nasa.gov/learning-resources/for-kids-and-students/what-is-the-artemis-program-grades-5-8/>
- NASA. (2022, 22 Juli). Space station study of Neutron Stars helps improve CT Scans. <https://www.nasa.gov/missions/station/space-station-study-of-neutron-stars-helps-improve-ct-scans/>
- NASA. (2023, 1 Desember). Counteracting bone and muscle loss in microgravity. <https://www.nasa.gov/missions/station/iss-research/counteracting-bone-and-muscle-loss-in-microgravity/>
- OECD. (2023). *The space economy in figures: Responding to global challenges*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/fa5494aa-en>
- Pethokoukis, J. (2022, 11 Mei). America is launching a new space age. And it's a problem that many Americans don't know about it. American Enterprise Institute (AEI). <https://www.aei.org/articles/america-is-starting-a-new-space-age-and-its-a-problem-that-many-americans-dont-know-about-it/>
- Pradana, N. M. E., & Permatasari, Y. (2021). Bandar antariksa Biak dalam diplomasi Indonesia. *Jurnal Kajian Kebijakan Penerbangan dan Antariksa*, 1(2), 139–161.
- Sarma, N. (2019). Southeast Asian space programmes: Capabilities, challenges and collaborations. *ORF Special Report* (82), March 2019). Observer Research Foundation.
- Shidqon, M. B. (2019). *Politik antariksa: Proses dan dinamika politik di balik kegiatan keantariksaan di Indonesia* [Disertasi]. Universitas Airlangga.
- Situmorang, V. M. (2020). Rivalitas negara adidaya di ruang angkasa. *Jurnal Transformasi Global*, 7(2), 292–298.

- Sundararajan, V. P. (2006). Emerging space powers - A comparative study of National Policy and Economic Analysis for Asian Space Programs (Japan, China, and India). *Space Economic Policy* (hlm. 7207). American Institute of Aeronautics and Astronautic.
- United Nations. (2023). For All Humanity – the Future of Outer Space Governance. *Policy Brief*. <https://www.unoosa.org/oosa/en/documents/doc/policy-brief.html>
- Wardana, Y. R., & Putranti, I. R. (2021). Investasi bandara angkasa/ spaceport dalam mewujudkan Indonesia sebagai spacefaring nation studi kasus kerjasama Indonesia dan China. *Journal of International Relations Diponegoro*, 7(4), 202–214.