

BAB I

Prolog: Keantariksaan untuk Masyarakat dan Kemajuan Bangsa: Konsep dan Kebijakan

Thomas Djamaruddin

Keantariksaan merupakan topik yang menarik tidak hanya menyangkut eksplorasi antariksa, tetapi juga menunjukkan berbagai fenomena astrofisika menakjubkan. Namun, juga telah menyentuh sisi kehidupan masyarakat, termasuk yang terkait dengan teknologi informasi dan komunikasi. Teknologi informasi dan komunikasi untuk skala global tentunya memerlukan keberadaan satelit. Basisnya merentang dari sains dasar berupa astronomi sampai teknologi peluncuran roket dan pemanfaatan beragam satelit. Bagi Indonesia, keantariksaan diarahkan untuk memberi manfaat kepada masyarakat dan mendorong kemajuan bangsa. Aspek teknis terkait hal ini, telah dibahas di buku 1 “Keantariksaan untuk Masyarakat dan Kemajuan Bangsa: Sains dan Teknologi”. Sementara itu, Buku 2 ini lebih menekankan pada aspek konsep dan kebijakan. Berbicara mengenai kebijakan keantariksaan,

T. Djamaruddin

Badan Riset dan Inovasi Nasional, *e-mail*: thom001@brin.go.id, t_djamal@yahoo.com .

© 2025 Editor & Penulis

Djamaruddin, T. (2025). Prolog: Keantariksaan untuk Masyarakat dan Kemajuan Bangsa: Konsep dan Kebijakan. Dalam T. Djamaruddin & F. NURAeni (Ed.), Keantariksaan untuk Masyarakat dan Kemajuan Bangsa: Konsep dan Kebijakan(1–19). Penerbit BRIN.

DOI: 10.55981/brin.1592.c1495, E-ISBN: 978-602-6303-87-5

pengembangannya selalu dirumuskan atas dasar konsep-konsep tertentu, seperti konsep sains, konsep teknologi dan inovasi, ataupun konsep ekonomi. Kesemuanya harus saling terkait untuk memastikan seluruh kegiatan keantariksaan berjalan secara efisien, berkelanjutan dan bermanfaat bagi masyarakat dan negara.

Konsep sains dalam keantariksaan menjadi dasar eksplorasi luar angkasa melalui penelitian astrofisika, planet, dan lingkungan kosmik. Hal tersebut memungkinkan pengembangan teori dan model yang membantu navigasi, komunikasi, serta pemantauan atmosfer dan cuaca antariksa.

Konsep teknologi pun memiliki peran penting sebagai penggerak kebijakan. Perkembangan teknologi adalah motor penggerak utama dalam evolusi kebijakan keantariksaan. Kebijakan yang adaptif, inovatif, dan berwawasan ke depan sangat penting untuk memastikan bahwa Indonesia dapat memanfaatkan potensi antariksa secara optimal untuk kepentingan nasional dan kesejahteraan masyarakat. Teknologi memungkinkan penelitian ilmiah dilakukan dengan observasi berbasis satelit, teleskop ruang angkasa, dan wahana eksplorasi. Pengembangan roket dan sistem propulsi memungkinkan manusia mencapai orbit dan ruang angkasa secara lebih efisien. Selain itu, sistem komunikasi dan AI digunakan untuk meningkatkan otomasi, keamanan, dan efektivitas eksplorasi luar angkasa.

Adapun konsep ekonomi dalam keantariksaan terkait dengan kegiatan komersialisasi luar angkasa, seperti industri satelit, telekomunikasi, maupun navigasi global. Kebijakan keantariksaan harus mendukung pertumbuhan sektor keantariksaan, seperti insentif fiskal, kemudahan perizinan, dan dukungan riset dan pengembangan, dapat menarik investasi dari sektor swasta, baik domestik maupun asing. Investasi ini penting untuk mengembangkan riset, infrastruktur, teknologi, dan layanan keantariksaan. Dengan demikian, kebijakan keantariksaan yang baik, harus mampu menyeimbangkan aspek sains, teknologi, dan ekonomi agar eksplorasi luar angkasa berjalan dengan efektif, inovatif, dan berkelanjutan.

A. Konsep Sains dalam Kebijakan Keantariksaan

Konsep sains dasar untuk keantariksaan bermula dari budaya manusia yang gemar melakukan pengamatan langit untuk berbagai keperluan praktis. Dari pengamatan jangka panjang muncullah budaya bertani yang memperhitungkan musim dari pengamatan benda-benda langit. Dari keteraturan peredaran benda-benda langit juga memunculkan formulasi untuk memprakirakan ketampakan berikutnya. Pemodelan itu mendorong pengembangan matematika yang makin rumit. Hal ini menunjukkan bahwa konsep keantariksaan telah mengalami evolusi yang signifikan dari waktu ke waktu, yang dibentuk oleh kemajuan filosofis, ilmiah, dan teknologi.

Pandangan filosofis dimulai sejak kemunculan filsuf Yunani kuno seperti Plato dan Aristoteles yang memperdebatkan hakikat ruang. Pada zamannya, Aristoteles melihat ruang sebagai tempat keberadaan suatu objek, sedangkan Plato menganggapnya lebih abstrak. Selanjutnya, kaum Stoa memperkenalkan gagasan ruang sebagai kontinum, yang memengaruhi pemikiran ilmiah selanjutnya. Kaum Stoa merupakan kelompok filsuf yang menganut Stoikisme, sebuah aliran filsafat Yunani kuno yang didirikan oleh Zeno dari Citium pada abad ke-3 SM (Long, 1974).

Evolusi konsep ruang terus bergulir dengan adanya konsep ruang absolut dari Newton dan konsep relativitas Einstein, serta teori-teori string dan gravitasi kuantum loop, yang kemudian mendorong manusia mengeksplorasi ruang angkasa melalui peluncuran satelit. Sputnik 1 merupakan satelit buatan pertama milik Uni Soviet yang diluncurkan pada 1957 dan menjadi tonggak dalam sejarah eksplorasi antariksa.

Astronomi sebagai sains dasar keantariksaan, kemudian berkembang dan menjadi fondasi bagi pemahaman tentang benda langit yang membentuk ruang angkasa dan fenomena kosmik yang terjadi di dalamnya. Astronomi juga menjadi salah satu dasar bagi perkembangan perumusan kebijakan dan hukum antariksa. Kemajuan

ilmu astronomi dan keantariksaan, sering dianggap sebagai indikator kemajuan suatu bangsa.

Bangsa-bangsa yang maju dari segi kebudayaannya, pada masanya meninggalkan jejak pemahaman langit yang direpresentasikan dengan artefak dan struktur tata letak bangunan. Struktur tiga piramid di Mesir, misalnya, diduga kuat terkait dengan konfigurasi tiga bintang di rasi Orion. Begitu pun arah bangunan timur-barat-utara-selatan dan susunan stupa candi Borobudur terkait dengan perubahan arah terbit dan terbenam matahari, serta musim. Dalam perkembangannya, konsep alam semesta berubah menjadi lebih realistik dengan makin banyaknya data yang dikumpulkan dan makin meningkatkan akurasi dengan bantuan teknologi pengamatan. Kini pengamatan tidak hanya dilakukan dari permukaan bumi, tetapi juga dari satelit yang mengorbit bumi atau mengorbit matahari.

Pengembangan teknologi pengamatan astronomi tidak semata-mata bermanfaat bagi perkembangan astronomi. Banyak hasil pengembangan teknologi pengamatan akhirnya dipakai untuk kepentingan disiplin ilmu lain dan juga digunakan untuk kepentingan publik. Kamera elektronik yang menggantikan kamera fotografi pertama kali, digunakan dalam pengamatan astronomi berupa kamera Charge Coupled Device (CCD) dan kamera Complementary Metal-Oxide Semiconductor (CMOS). Kamera ini akhirnya dipakai dalam peralatan kedokteran dan bidang ilmu lain. Kemudian berkembang lagi menjadi kamera digital yang saat ini digunakan oleh publik.

Kamera CMOS yang dikembangkan NASA pada 1990-an untuk pengamatan objek astronomi pada wahana antariksa telah dipakai dalam banyak aplikasi. Ukurannya yang kecil dan memerlukan daya yang sangat rendah memungkinkan kamera CMOS digunakan pada telepon seluler saat ini (NASA, 2010).

Keteraturan peredaran atau ketampakan benda-benda langit telah dimanfaatkan oleh berbagai kebudayaan dalam penentuan waktu. Bilangan tahun 365 hari berasal dari pengamatan keteraturan peredaran matahari di langit yang sesungguhnya karena peredaran bumi mengelilingi matahari. Bilangan bulan sekitar 30 hari berasal dari

pengamatan fase-fase bulan yang rata-ratanya mempunyai periode 29,5 hari. Bilangan pekan 7 hari terkait dengan kepercayaan tujuh benda langit utama yang dianggap berpengaruh pada kehidupan manusia di bumi. Tujuh benda langit itu adalah matahari (untuk hari Ahad), bulan (Senin), Mars (Selasa), Merkurius (Rabu), Jupiter (Kamis), Venus (Jumat), dan Saturnus (Sabtu).

Astronomi juga berpengaruh pada bahasa, sastra, seni lukis, seni musik, arsitektur, kegiatan spiritual, sampai filsafat. Kosa kata, cerita rakyat, atau karya sastra banyak yang terinspirasi dari fenomena langit. Dalam bahasa Indonesia tokoh utama, orang yang berprestasi gemilang, atau suatu anugerah penghargaan disebut “bintang”, seperti “bintang film”, “bintang kelas”, atau “Bintang Mahaputra”. Kawah bulan yang tampak seolah menggambarkan orang dan binatang peliharaannya, memunculkan cerita rakyat Sunda dengan Nini (Nenek) Anteh dan Kucing Candramawa-nya. Candi Borobudur bentuk bangunannya berorientasi utara-selatan-barat-timur serta tata letak stupanya mengindikasikan pengaruh penentuan posisi matahari.

Inspirasi pengamatan benda-benda langit, baik struktur maupun dinamikanya telah mendorong pengembangan teknologi dengan segala manfaat dan dampaknya. Astronomi telah menjadi cabang sains paling tua sekaligus menjangkau masa depan yang jauh. Fenomena astronomi yang menarik untuk diamati, lalu dimodelkan dengan sains dan diimplementasikan sebagai teknologi. Hal inilah yang banyak menginspirasi generasi muda. Oleh karenanya astronomi sangat disarankan untuk disertakan dalam proses pembelajaran pada siswa, baik sebagai bagian dari kurikulum yang formal maupun dalam kegiatan ekstrakurikuler. Lebih luas lagi, astronomi diarahkan untuk semua kalangan. Astronomi untuk semua.

Di Indonesia, astronomi telah dikenal dan dimanfaatkan secara tradisional sejak zaman dulu untuk penentuan waktu tanam. Sejak era Hindia-Belanda, astronomi modern mulai diperkenalkan dengan dibangunnya observatorium Bosscha di Lembang, Bandung Barat, pada 1923. Pada sisi lain, Indonesia pun merupakan negara ketiga sesudah Amerika Serikat dan Kanada dalam pemanfaatan satelit

komunikasi dengan peluncuran satelit Palapa pada 1976. Setelah itu, sejak 1980-an Indonesia pun aktif memanfaatkan citra satelit untuk beragam kebutuhan, terutama untuk prakiraan cuaca, pemetaan, identifikasi dan pemantauan sumber daya alam, serta penanganan pasca-bencana alam.

Indonesia dituntut untuk terus berperan aktif dalam pembangunan keantariksaan, baik dalam konteks nasional, regional maupun internasional. Dalam menjalankan peran tersebut, Indonesia dihadapkan pada berbagai tantangan, seperti sustainabilitas aktivitas keantariksaan, pengembangan kelembagaan dan kolaborasi, dan aturan serta regulasi internasional di bidang keantariksaan. Adanya kepentingan berbagai negara di bidang keantariksaan, telah menyebabkan peningkatan okupansi orbit oleh sampah antariksa dan *carbon footprint* antariksa. Hal ini menimbulkan kekhawatiran akan keberlanjutan aktivitas keantariksaan serta implikasinya pada lingkungan terestrial dan orbital. Isu sustainabilitas ini juga termasuk sistem observasi terestrial yang telah terganggu dengan adanya penggunaan cahaya berlebihan di permukaan sehingga mengurangi kejelasan objek yang diamati. Berbagai tantangan tersebut perlu disikapi oleh kebijakan yang tepat.

Bentang wilayah Indonesia sepanjang ekuator pada satu sisi mempunyai keuntungan dalam pengembangan teknologi antariksa, seperti potensi pengembangan bandar antariksa yang lebih efisien untuk peluncuran satelit. Namun pada sisi lain, potensi kejatuhan sampah antariksa juga cukup besar karena semua objek pengorbit bumi, termasuk sampah antariksa pasti melintasi ekuator. Saat ini sampah antariksa terus meningkat dari bekas roket peluncur, satelit yang telah mati, atau pecahan akibat tabrakan sesama sampah antariksa. Beberapa sampah antariksa telah ditemukan jatuh dekat area pemukiman di beberapa wilayah Indonesia. Sampah antariksa pertama ditemukan di Gorontalo pada 1981 berupa tabung bahan bakar roket. Selanjutnya, ditemukan di Lampung (1988), di Bengkulu (2003), di Madura (2016), di Sumatera Barat (2017), di Kalimantan Tengah (2021), dan di Kalimantan Barat (2022) (Djamaluddin,

2021). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah satelit dan puing-puing ruang angkasa telah menjadi persoalan besar yang menimbulkan risiko bagi keselamatan masyarakat di Bumi, terutama bagi negara-negara yang berada di ekuator, dan juga keselamatan orbit. Dalam hal ini, memerlukan regulasi dan teknologi terkait kongesti orbital yang mengarah pada upaya penurunan risiko jatuhnya benda sampah antariksa.

Benda jatuh antariksa bukan hanya sampah antariksa. Ada juga benda jatuh antariksa alami berupa asteroid dan meteorit dengan berbagai ukuran. Biasanya yang sering terlihat adalah meteor biasa yang habis terbakar selama melintas atmosfer. Sebagian ada yang tidak terbakar habis yang disebut meteorit. Semakin besar ukurannya, semakin jarang.

Benda jatuh antariksa alami yang berukuran besar berasal dari asteroid yang mengorbit dekat bumi yang biasa disebut Near Earth Asteroids (NEAs). Pada 2009, sebuah asteroid berukuran delapan meter jatuh di Bone, Sulawesi Selatan. Peristiwa tersebut tidak memberi dampak signifikan terhadap aktivitas manusia, baik kerugian materiil maupun non-materiil karena jatuh ke laut. Namun, asteroid yang lebih besar jatuh di Rusia pada 2013. Gelombang kejutnya merusakkan gedung-gedung yang dilewatinya. Jauh sebelum kejadian tersebut, asteroid atau pecahan komet yang jauh lebih besar pernah jatuh di kawasan hutan Siberia pada 1908 yang menyebabkan pohon-pohon bertumbangan. Selain itu, asteroid raksasa yang ditaksir berukuran 10 km diduga jatuh di Semenanjung Yukatan, Meksiko, sekitar 65 juta tahun yang lalu. Debu hasil tumbukannya menutupi atmosfer bumi dalam waktu lama dan diduga menjadi sebab punahnya dinosaurus.

Potensi jatuhnya asteroid dan sampah antariksa tentu perlu diwaspadai. Jejaring patroli langit menggunakan Allsky Camera perlu diadakan untuk memantau benda jatuh antariksa tersebut. Langkah awal sudah dilakukan oleh Institut Teknologi Sumatera (Itera) dan beberapa mitra lainnya dengan membentuk jejaring yang disebut *Indonesian Space Patrol Network* (ISPN). Fasilitas Allsky Camera Itera berhasil mendeteksi sampah antariksa yang melintas dari Samudra

Hindia, Sumatra, dan akhirnya jatuh di Sanggau, Kalimantan Barat (Djamaluddin, 2021). Jejaring pengamatan antariksa bisa melibatkan perguruan tinggi terkait dan komunitas astronomi yang kini mulai tumbuh di banyak kota. Teleskop robotik di Itera bisa mengamati bulan secara otomatis dan mempunyai sistem yang bisa bergerak cepat untuk mendeteksi asteroid, komet, atau satelit pengorbit bumi.

Patroli langit dan pengamatan objek langit lainnya secara optik (dengan menggunakan teleskop) sangat bergantung pada kondisi langit cerah dan bebas polusi cahaya, selain peralatannya. Polusi cahaya adalah gangguan hamburan cahaya lampu kota oleh atmosfer yang menyebabkan langit terlihat terang, mengalahkan objek-objek langit yang redup. Suatu observatorium dibangun dengan memerhatikan aspek iklim terkait liputan awan, polusi cahaya, serta teknologi yang akan digunakan.

Pada umumnya, observatorium dibangun dengan spesifikasi iklim, polusi cahaya, dan teknologi yang terbaik pada zamannya. Namun, kondisinya semakin menurun seiring berjalannya waktu. Kondisi iklim berubah, polusi cahaya cenderung meningkat, dan teknologi makin tertinggal.

Kondisi iklim sangat bergantung pada perubahan global yang tidak bisa kita kendalikan. Perubahan teknologi pun terjadi semakin cepat. Kita sebagai pengguna cenderung beradaptasi dengan inovasi baru yang lebih efisien dan praktis. Dalam konteks teknologi observatorium, banyak orang mulai beralih ke metode pengamatan berbasis satelit dan teleskop ruang angkasa, seperti James Webb Space Telescope yang menawarkan resolusi lebih tinggi dan cakupan lebih luas dibandingkan observatorium darat. Meskipun demikian, observatorium tradisional masih memiliki peran penting, terutama dalam penelitian astronomi optik dan radio, serta dalam mendukung komunikasi ilmiah lokal.

Polusi cahaya sebagai tantangan utama yang dihadapi observatorium, masih memungkinkan untuk kita kendalikan dengan kebijakan dan kesadaran publik. Memang tidak bisa menghentikannya, tetapi upaya yang bisa kita lakukan adalah mengurangi laju peningkatan-

nya. Kebijakan pengendalian langit gelap awalnya berorientasi untuk menyelamatkan observasi langit di observatorium. Namun, dampak sesungguhnya merambah pada berbagai sektor lainnya. Kehidupan binatang malam sampai kesehatan manusia terdampak oleh makin meningkatnya cahaya buatan di kota-kota. Itu sebabnya penelitian tentang gangguan polusi cahaya kini banyak dilakukan, termasuk di Indonesia. Penelitian terutama dilakukan di sekitar observatorium, yaitu Observatorium Bosscha di Lembang, Bandung Barat, dan di Observatorium Nasional Timau, untuk menjaga agar langit menjadi terang atau mengurangi dampak polusi cahaya.

Kajian pengendalian polusi cahaya juga terkait dengan aspek sosial-ekonomi dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*, SDGs). Salah satunya dengan pembangunan taman langit gelap (Dark Sky Park). Taman langit gelap berfungsi untuk pelestarian lingkungan, edukasi, sosial-ekonomi, astrowisata, dan konservasi kondisi langit dengan tujuan ilmu pengetahuan. Taman langit gelap memberikan layanan khas berupa pengalaman unik menikmati langit bertabur bintang yang sudah hilang dari pengalaman masyarakat kota. Taman Langit Gelap Nasional yang digagas di wilayah Amfoang (Djamaluddin, 2016) di sekitar kawasan Observatorium Nasional Timau, sangat tepat mengingat Gunung Timau termasuk hutan lindung. Taman Langit Gelap Nasional juga diharapkan dapat meningkatkan kondisi sosial-ekonomi masyarakat dengan adanya kegiatan astrowisata.

B. Kebijakan Pengembangan dan Pemanfaatan Teknologi Antariksa

Dari aspek kebijakan berbasis sains antariksa, kita beralih pada aspek kebijakan berbasis teknologi antariksa. Luasnya pemanfaatan teknologi antariksa telah menumbuhkan kepentingan komersial yang dapat menggeser pola-pola penggunaan teknologi dan kebijakannya, seperti roket yang dapat digunakan kembali, kekuatan komputasi yang lebih besar, dan mekanisme kontrak baru. Aturan dan regulasi internasional mutlak diperlukan. Oleh karena itu, anggapan bahwa

angkasa bebas dieksplorasi dan digunakan oleh semua negara tanpa diskriminasi, serta tidak ada negara yang dapat mengklaim kedaulatan terdapat antariksa, tentunya perlu dibatasi oleh aturan dan regulasi yang dapat menjamin keberlanjutan aktivitas keantariksaan, baik untuk tujuan ilmiah maupun komersial. Selain itu, kebijakan pemanfaatan teknologi antariksa diarahkan juga untuk dapat berkontribusi pada penyelesaian isu-isu penting yang muncul.

Salah satu kebijakan dalam aspek penerapan teknologi antariksa dapat terlihat ketika kasus pandemi Covid-19 muncul dan menuai masa krisis yang cukup panjang. Kita semua mengetahui bahwa pandemi Covid-19 telah melumpuhkan banyak sektor kehidupan. Hubungan sosial dibatasi, transportasi menjadi lumpuh, sampai sektor ekonomi terdampak parah. Teknologi antariksa telah mengambil perannya dalam mendukung upaya penanggulangan Covid-19 dengan segala dampaknya.

Wilayah Asia-Pasifik menjadi kawasan yang menarik untuk dikaji terkait dengan pola kebijakan yang diambil pada masa krisis. Sebagai contoh kasus, dikaji pola-pola kebijakan di Indonesia dan Australia yang dianggap mewakili kongsi Asia Pasifik. Indonesia mewakili negara yang sedang berkembang dalam pemanfaatan teknologi antariksa, *emerging space nation*. Sementara itu, Australia dianggap mewakili negara maju di bidang keantariksaan (*space faring nation*) di kawasan.

Topik ini mengkaji pilihan teknologi dan kerja sama yang diambil Indonesia dan Australia dalam menghadapi krisis global Covid-19. Analisis kebijakan menggunakan teori perbandingan politik dari Gabriel Almond yang membahas cara pemerintah merumuskan dan menerapkan kebijakan dalam menangani masalah masyarakat dan memenuhi kebutuhan warga negara mereka. Juga peran berbagai aktor, seperti kelompok kepentingan, partai politik, dan birokrasi dalam membentuk kebijakan publik.

Indonesia telah memiliki badan antariksa sejak 1963, yaitu LAPAN yang kemudian diintegrasikan ke BRIN pada 2021. Indonesia juga sudah mempunyai beberapa regulasi keantariksaan berupa

Undang-Undang Nomor 21 Tahun 2013 tentang Keantariksaan dan meratifikasi beberapa perjanjian internasional tentang keantariksaan, seperti *outer space treaty* 1967 pada 2002, *rescue agreement* 1968 pada 1999, *liability convention* 1972 pada 1997, dan *registration convention* 1975 pada 1996. Sementara itu, Australia telah memiliki regulasi keantariksaan lebih dahulu daripada Indonesia, yaitu *Space Activities Act* 1998 (No. 123, 1998) (*as amended, taking into account amendments up to Act No. 8 of 2010*) serta *Space Activities Regulations* 2001. Badan Antariksa Australia (ASA) baru dibentuk pada 2018, walaupun industri keantariksaan telah berkembang jauh sebelumnya.

Indonesia dan Australia mempunyai kebijakan terkait penanganan Covid-19 yang berbasis teknologi antariksa. Kebijakan keantariksaan di Indonesia lebih banyak digerakkan oleh aktor birokrasi. Inisiatif pemanfaatan teknologi antariksa dilakukan oleh LAPAN dengan membangun LAPAN Hub Covid-19 yang mengintegrasikan data berbasis satelit, geospasial, dan statistik melalui antarmuka ramah pengguna yang dirancang untuk membantu pengambil keputusan mengidentifikasi area berisiko tinggi. Para periset di LAPAN (sebelum berintegrasi ke BRIN) bekerja sama dengan The United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP), untuk bersama-sama mengembangkan manual dan menyampaikan lokakarya serta pelatihan kepada peserta di berbagai sektor di Asia dan Pasifik.

Di Australia, kebijakan diambil oleh Badan Antariksa Australia dengan mempertimbangkan juga kelompok kepentingan, yaitu Australian Space Innovator dan Australian Space Community. Kebijakan yang diambil dalam penanganan Covid-19 dengan memanfaatkan teknologi satelit untuk pemantauan keramaian dan identifikasi fasilitas kesehatan, GPS untuk pemantauan pengiriman obat, serta satelit komunikasi untuk pendidikan jarak jauh. Mitra utamanya adalah Amerika Serikat dan Eropa.

Secara umum kebijakan keantariksaan, baik di Indonesia maupun di Australia dibentuk oleh peran birokrasi dengan mempertimbangkan kelompok kepentingan. Dalam masa krisis Covid-19, Indonesia

lebih aktif memanfaatkan dan mengembangkan kemampuan dalam negeri. Sementara itu, Australia tetap fokus pada industrialisasi antariksanya dan responsif memperluas kerja sama internasional dalam menghadapi krisis Covid-19.

Selain di Asia Pasifik, Indonesia juga memiliki kepentingan dalam pengembangan keantarksaan dalam konteks regional Asia Tenggara. Dalam hal ini, perlu adanya kajian yang mengarah pada analisis model integrasi keantarksaan Indonesia di kawasan Asia Tenggara. Adanya Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), menunjukkan bahwa Indonesia merupakan negara pertama di kawasan Asia Tenggara yang memiliki visi keantarksaan dengan pembentukan lembaga antariksa. Terobosan kinerja Indonesia ditunjukkan dengan keberhasilan peluncuran roket Kappa dari Pameungpeuk, Garut, sebagai hasil kerja sama dengan Jepang. Dari segi pemanfaatan teknologi antariksa, Indonesia juga menjadi negara pertama di kawasan Asia Tenggara yang ditandai dengan peluncuran satelit komunikasi Palapa pada 1976. Indonesia pun menjadi negara pertama di kawasan yang berhasil membuat satelit mikro dan telah berfungsi dengan baik di orbit.

Sebagai teknologi yang *high tech*, *high cost*, dan *high risk*, mengembangkan, bahkan menguasai teknologi antariksa tentunya memerlukan banyak sumber daya. Lambatnya pengembangan dan penguasaan teknologi antariksa disebabkan oleh berbagai faktor kompleks. Tidak hanya keterbatasan investasi dan pembiayaan, sumber daya manusia, keterbatasan infrastruktur, serta ketergantungan terhadap teknologi asing, juga dipengaruhi oleh perubahan struktur kelembagaan keantarksaan. Pembentukan Sub-Committee on Space Technology and Applications (SCOSA) di ASEAN belum berdampak pada pengembangan keantarksaan di kawasan.

Analisis teoretis model integrasi keantarksaan di kawasan Asia Tenggara menarik untuk dikaji. Model integrasi tersebut dapat dikaji menggunakan pola dan teori *liberal intergovernmentalisme* (LI), yang menggabungkan aspek ekonomi dan politik serta memberi penekanan pada peran negara sebagai aktor utama dalam proses integrasi. Teori

ini merupakan salah satu teori arus utama dalam diskusi berbagai integrasi di kawasan, seperti di Uni Eropa (UE). Dalil yang digunakan sebagai pembentuk pola kerja sama, yakni *national preferences*, *substantive bargaining*, dan *institutional choice*. Tiga hal tersebut berkorelasi dengan daya saing dan kompetensi sektor antariksa di masa depan.

Beberapa negara di kawasan telah memiliki pengalaman keantariksaan. Vietnam telah terlibat dalam proyek Soyuz dan telah mengirimkan kosmonotnya ke antariksa. Dalam dekade lalu, Vietnam pun telah meluncurkan satelit mikronya bersama negara mitra. Tak hanya Vietnam, Singapura, Thailand, dan Malaysia, serta Filipina juga telah menunjukkan perkembangan penguasaan teknologi antariksanya, bahkan Singapura telah menunjukkan kemampuannya untuk membuat beberapa jenis satelit (Foster, 2023).

Dalam pola LI, proses perundingan merupakan fase distribusi informasi kepada negara lainnya dalam proses integrasi agar *cost* dalam perundingan menjadi murah dan efektif. Analisis awal menggunakan dalil *National Preferences*. *National Preferences* menekankan pentingnya pembahasan tentang tuntutan masyarakat di level domestik kepada pemangku kepentingan untuk melakukan kerja sama dalam pemenuhan kepentingannya. Proses ini merupakan praktik liberalisasi dan inklusivitas antarkelompok kepentingan, yaitu masyarakat dan pemerintah. Kepentingan nasional dibahas bersama untuk dibawa ke tingkat internasional.

Dalam proses intergrasi, terjadi proses tawar menawar substantif (*substantive bargainings*) di tingkat domestik dan juga di tingkat internasional. Kondisi industri keantariksaan nasional dan kondisi lainnya yang terkait harus menjadi pertimbangan. Untuk melegalisasi kesepakatan yang sudah tercapai serta simbol dari komitmen negara anggota yang ikut dalam proses tersebut, maka diperlukan pembentukan kelembagaan. Kelembagaan itu juga merupakan media yang dapat memutuskan kebijakan bersama, implementasi kesepakatan, elaborasi, serta kendali dan pelaksanaan. Bentuk kelembagaan yang dipilih (*institutional choice*) bisa beragam sesuai dengan kepentingan

negara-negara anggota. Sebagai contoh, Uni Eropa membentuk European Space Agency (ESA) yang merupakan lembaga independen.

Tawaran model integrasi keantariksaan dalam implementasinya tentu saja akan menghadapi berbagai tantangan dan kendala. Keterbatasan sumber daya di antara negara-negara ASEAN menjadi kendala utama. Minat untuk berintegrasi pun menghadapi tantangan dengan preferensi yang berbeda di antara negara-negara di kawasan untuk berkolaborasi langsung dengan negara-negara maju di bidang keantariksaan. Namun, pembangunan bandar antariksa di Indonesia diharapkan bisa menjadi daya tarik tersendiri untuk memperkuat keantariksaan di kawasan ASEAN.

Pembangunan bandar antariksa memang menjadi salah satu cita-cita keantariksaan Indonesia. Banyak kajian diperlukan untuk menyusun rencana konkret pembangunan serta komersialisasinya. Salah satunya kajian aspek hukum. Indonesia telah meratifikasi empat dari lima sumber hukum keantariksaan internasional, yaitu Outer Space Treaty 1967 dan tiga perjanjian turunannya. Hanya Moon Agreement yang belum diratifikasi. Terbitnya Undang-Undang Nomor 21 Tahun 2013 tentang Keantariksaan (UU No. 21, 2013) menjadi sumber hukum keantariksaan Indonesia. Sementara itu, sumber hukum pemanfaatan antariksa untuk telekomunikasi sudah diatur lebih dahulu oleh undang-undang tentang telekomunikasi.

Undang-Undang Keantariksaan mengatur tentang penguasaan sains dan teknologi antariksa, pemanfaatan teknologi antariksa untuk pengindraan jauh, serta peluncuran wahana antariksa dan kegiatan komersial keantariksaan. Dua kegiatan keantariksaan peluncuran wahana antariksa dan kegiatan komersial keantariksaan yang diamanatkan di dalam undang-undang memang belum ada di Indonesia. Namun, keduanya perlu diselenggarakan agar Indonesia tidak sekadar menjadi pasar teknologi antariksa mancanegara. Cita-cita membangun dan mengoperasikan bandar antariksa di wilayah Indonesia termasuk kegiatan yang dimaksud dalam Undang-undang Keantariksaan tersebut.

Dalam Undang-Undang Keantariksaan terdapat bab khusus tentang bandar antariksa, namun masih bersifat umum. Peraturan pemerintah yang diamanatkan undang-undang tentang bandar antariksa sampai saat ini tengah disusun dan dalam proses penetapan. Meskipun bandar antariksa menjadi bagian target capaian Rencana Induk Keantariksaan yang ditetapkan melalui Peraturan Presiden Nomor 45 Tahun 2017, rincian pengaturan pembangunan sampai pengoperasian bandar antariksa perlu diatur dengan peraturan pemerintah.

Dalam pelaksanaan pembangunan dan pengoperasian bandar antariksa diperlukan juga kolaborasi internasional sebagaimana diarahkan oleh Kantor Urusan Keantariksaan PBB (United Nations Office for Outer Space Affairs, atau UNOOSA) Kolaborasi ini bertujuan untuk mengelola risiko terkait kegiatan antariksa secara kolektif, menjaga manfaat yang ada, dan membuka prospek masa depan. Tujuan keberlanjutan jangka panjang dalam kegiatan antariksa agar kegiatan keantariksaan tersebut dapat berlangsung tanpa batas waktu, serta memastikan akses yang adil terhadap manfaat eksplorasi dan pemanfaatan antariksa untuk tujuan damai.

Kemitraan terkait dengan pendanaan juga sangat penting karena bandar antariksa sangat mahal biaya pembangunan dan pengoperasiannya. Upaya menggalang dan mempertahankan investor asing memerlukan regulasi nasional yang menarik dan memberikan kepastian. Pendanaan dalam negeri pun sangat dibutuhkan sehingga penggalangan partisipasi pihak swasta nasional pun perlu diwadahi dengan regulasi yang tepat. Pola pendanaan kegiatan keantariksaan kita bisa mencontoh India yang berhasil mewujudkan misi keantariksaan dengan biaya paling murah dibandingkan biaya yang dikeluarkan negara-negara lain.

Bandar antariksa memerlukan lahan yang luas dengan berbagai persyaratan lokasi. Hal ini memerlukan kajian potensi dampak lingkungan. Demikian juga kegiatan operasional peluncuran berpotensi memengaruhi lingkungan di sekitar bandar antariksa. Oleh karena itu, kajian dampak lingkungan dan regulasi yang melindungi keberadaan

bandar antariksa perlu disiapkan dengan baik. Kebijakan pemerintah tentang SDM keantariksaan untuk mendukung pengoperasian bandar antariksa juga perlu diperkuat. Selain itu, juga perlu pengembangan industri pendukung teknologi keantariksaan.

Selain kegiatan peluncuran wahana antariksa, kegiatan keantariksaan internasional yang belum secara aktif dilakukan Indonesia adalah eksplorasi antariksa. Eksplorasi antariksa adalah kegiatan keantariksaan yang dilakukan di luar orbit bumi dengan menggunakan wahana antariksa, terutama ke bulan serta misi-misi ke planet-planet, matahari, dan benda-benda tata surya lainnya. Misi eksplorasi antariksa dilakukan agar kegiatan pengamatan tidak hanya dilakukan dari permukaan bumi atau orbit bumi.

Eksplorasi antariksa (*space exploration*) adalah kegiatan keantariksaan yang lebih maju dari pengamatan antariksa (*space observation*) dan pemanfaatan antariksa (*space utilization*). Eksplorasi antariksa selain bertujuan untuk pengembangan sains tentang tata surya dan alam semesta secara umum, juga untuk pengembangan teknologi baru yang lebih maju, serta untuk inspirasi generasi muda (NASA, 2025).

Indonesia selama ini baru fokus pada pengembangan pengamatan dan pemanfaatan antariksa. Eksplorasi antariksa dianggap masih terlalu mahal untuk dilakukan. Memang belum banyak negara yang secara aktif melakukan eksplorasi antariksa. Amerika Serikat dan Rusia (dulu Uni Soviet) adalah pelopornya. Kini diikuti negara-negara Eropa, China, Jepang, dan India. Negara-negara lain umumnya sebagai partisipan kolaborator dalam proyek bersama negara-negara maju tersebut. Uni Emirat Arab dengan kemampuan ekonomi juga telah meluncurkan wahana antariksanya ke Mars, walaupun secara teknologi masih bergantung pada Amerika Serikat.

Merujuk pada perkembangan keantariksaan internasional yang mengarah pada *space resources utilization*, eksplorasi antariksa mungkin bisa diikuti oleh Indonesia dengan mekanisme kolaborasi internasional. Peluang sebenarnya terbuka, antara lain dalam program Artemis yang dipimpin Amerika Serikat. Program Artemis adalah

misi eksplorasi antariksa kembali ke bulan sebagai persiapan untuk misi yang lebih besar menuju planet Mars.

Demikian juga dengan kolaborasi internasional untuk misi ke asteroid yang menjanjikan potensi ekonomi dan lompatan teknologi. Dengan penguatan SDM keantariksaan dan status ekonomi Indonesia yang diproyeksikan makin menguat, partisipasi Indonesia dalam kolaborasi internasional untuk eksplorasi antariksa sangat memungkinkan. Program mandiri eksplorasi antariksa bukan pilihan yang baik karena eksplorasi antariksa sangat mahal dengan risiko kegagalan sangat besar.

Eksplorasi antariksa ke asteroid memang menarik dan bisa menginspirasi generasi muda. Namun, pengamatan antariksa juga penting untuk memantau potensi bencana dari antariksa. Asteroid juga menjadi objek antariksa yang bisa mengancam bumi. Demikian juga objek antariksa yang lebih dekat, yaitu sampah antariksa yang juga menjadi potensi ancaman bagi bumi. Pertanyaan terakhir yang muncul dan cukup penting adalah kebijakan apa yang perlu kita siapkan untuk mengantisipasi potensi ancaman dari antariksa tersebut? Karena kita juga sudah bergantung pada teknologi antariksa untuk berbagai keperluan primer, antisipasi juga perlu dilakukan pada potensi ancaman pada satelit-satelit yang sedang mengorbit, antara lain akibat tabrakan dengan sampah antariksa.

Hal-hal itulah yang saat ini mendorong setiap negara secara mandiri maupun kolektif melakukan penguatan ketahanan antariksa (*space resilience*). Dalam konteks Indonesia, konsep ketahanan nasional perlu juga memasukkan ketahanan antariksa karena ketergantungan kita pada teknologi antariksa dan ancaman dari antariksa tidak terhindarkan. Ketahanan antariksa menggabungkan aspek keamanan dan keselamatan dari ancaman, baik yang terjadi di antariksa maupun yang berasal dari antariksa. Ketahanan nasional mencakup ketahanan terhadap ancaman faktual, baik militer, non-militer, maupun hibrida, dan juga terhadap ancaman potensial.

Ketahanan antariksa juga bisa mencakup ancaman militer, non-militer, dan hibrida. Ancaman militer antara lain penggunaan

satelit militer untuk mata-mata sampai dengan perang antariksa yang menghancurkan satelit-satelit strategis. Ancaman non-militer bisa berupa benda jatuh antariksa dan tabrakan satelit dengan sampah antariksa. Sementara itu, ancaman hibrida bisa berwujud embargo serta perang siber dan interferensi radio. Ancaman-ancaman tersebut bisa bersifat faktual atau potensial.

Buku ini merupakan hasil pemikiran banyak ahli yang mencermati pentingnya kebijakan keantariksaan, dan diharapkan menjadi salah satu jawaban atas isu-isu dan pertanyaan-pertanyaan penting terkait penyelenggaraan keantariksaan Indonesia. Dalam Bab II, penulis menguraikan bagaimana peran astronomi sebagai sains dasar keantariksaan dalam berbagai aspek kehidupan. Dalam Bab III dibahas bagaimana upaya-upaya pengembangan jejaring patroli langit untuk mewujudkan kedaulatan keantariksaan di Indonesia. Dalam Bab IV dikupas bagaimana berbagai aspek dianalisis untuk menunjang lahirnya kebijakan langit gelap, tidak hanya untuk mempertahankan sistem observasi terestrial, tetapi juga memberikan dampak lebih luas. Dalam Bab V dikupas bagaimana kebijakan keantariksaan Asia-Pasifik dapat merespons kebutuhan dan isu masyarakat saat terjadi krisis dengan menampilkan dua kasus yang berbeda, yaitu kasus di Indonesia dan Australia. Dalam Bab VI dibahas bagaimana berbagai kepentingan keantariksaan di kawasan Asia Tenggara diintegrasikan melalui analisis teoritis model. Selanjutnya, dalam Bab VII dikupas tuntas mengenai pembangunan dan komersialisasi bandar antariksa di Indonesia berdasarkan tinjauan hukum. Terakhir, dalam Bab VIII dan Bab IX dibahas bagaimana posisi Indonesia dalam misi eksplorasi antariksa, serta bagaimana konsep ketahanan dalam menghadapi bencana antariksa di orbit Bumi.

Referensi

- Djamaluddin, T. (2016, 3 Mei). Selamatkan Langit Malam Bertabur Bintang. Diakses pada Juli 2024, dari <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2016/05/03/selamatkan-langit-malam-bertabur-bintang/>.

- Djamaluddin T. (2021, 10 Januari). Dokumentasi Benda Jatuh Antariksa di Indonesia. Diakses pada Juli 2024, dari <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2021/01/10/dokumentasi-benda-jatuh-antariksa-di-indonesia/>.
- Foster, M. (2023, 1 Desember). The New Frontier: Southeast Asia's Emerging Space Role. *ASEAN Briefing*. <https://www.aseanbriefing.com/news/investing-asean-space-sector-emerging-opportunities-satellite-programs/>
- Long, A. A. (1974). *Hellenistic philosophy*: Stoics, epicureans, sceptics. University of California Press. Hlm. 107–147.
- NASA. (2010). Image Sensors Enhance Camera Technologies. *NASA Spinoff*. Diakses pada Januari 2025, dari https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2010/cg_3.html.
- NASA. (t.t.). *Why Go to Space?* Diakses pada April 2025, dari <https://www.nasa.gov/humans-in-space/why-go-to-space/>.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 21 Tahun 2013 tentang Keantariksaan. (2013), <https://peraturan.bpk.go.id/Details/38897/uu-no-21-tahun-2013>

