

BAB III

Pengembangan Jejaring Patroli Langit Untuk Kedaulatan Keantariksaan di Indonesia

Robiatul Muztaba & Aditya Abdillah Yusuf

A. Urgensi Penguasaan Keantariksaan Bagi Bangsa Indonesia

Perkembangan astronomi optik dimulai pada tahun 1609 ketika Galileo Galilei, mengarahkan teleskop sederhananya ke arah beberapa benda langit, seperti permukaan Bulan, fase-fase planet Venus, planet Jupiter dan satelitnya. Hasil dari pengamatan ini ternyata dapat membuka horizon baru bagi manusia dan pada akhirnya hasil-hasil pengamatan tersebut memperbarui keyakinan tentang kebenaran konsep heliosentris. Pada hakikatnya astronomi dikenal sebagai *observational science*, yaitu cabang ilmu yang dikembangkan berdasar atas pengamatan benda-benda langit. Salah satu tantangan bagi bangsa Indonesia adalah penguasaan ilmu dan teknologi keantariksaan.

R. Muztaba & A. A. Yusuf

Institut Teknologi Sumatera, e-mail: robiatul.muztaba@sap.itera.ac.id

© 2025 Editor & Penulis

Muztaba R. & Yusuf, A.A. (2025). Pengembangan Jejaring Patroli Langit Untuk Kedaulatan Keantariksaan di Indonesia. Dalam T. Djamaluddin & F. Nuraeni (Ed.), Keantariksaan untuk Masyarakat dan Kemajuan Bangsa: Konsep dan Kebijakan(63–96). Penerbit BRIN. DOI: 10.55981/brin.1592.c1497, E-ISBN: 978-602-6303-87-5

Penggunaan antariksa untuk perdamaian dan kesejahteraan umat manusia merupakan landasan universal dalam mempelajari langit di atas wilayah Indonesia.

UU Nomor 21 Tahun 2013 tentang Keantariksaan, mengamanatkan eksplorasi langit untuk perdamaian, kepentingan nasional, dan pemenuhan kewajiban internasional. Kegiatan keantariksaan sebagaimana dimaksud pada UU dilaksanakan dengan memperhatikan:

- 1) kepentingan nasional;
- 2) keamanan dan keselamatan;
- 3) perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi;
- 4) sumber daya manusia keantariksaan yang profesional;
- 5) manfaat, efektivitas, dan efisiensi;
- 6) keandalan sarana dan prasarana keantariksaan;
- 7) perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup dan lingkungan antariksa; dan
- 8) ketentuan peraturan perundang-undangan nasional dan perjanjian internasional yang Indonesia menjadi negara pihak yang terlibat.

Selain itu, imbauan IAU pada tahun 2003 untuk mengajarkan astronomi dalam kurikulum nasional mungkin akan dapat direalisasi sebagian melalui kegiatan-kegiatan yang dilakukan oleh komunitas astronomi yang tersebar di Indonesia, pendidik dan peneliti yang memublikasikan hasil observasi dan mengajak masyarakat untuk ikut serta mengamati fenomena benda langit menggunakan fasilitas teleskop yang ada di Observatorium, dan bentuk kegiatan edukasi lainnya yang disajikan melalui Planetarium. Hasil pengamatan landas bumi dan landas antariksa, serta penelitian astronomi menyebabkan terdapat akselerasi pengetahuan baru dalam bidang astronomi dan astrofisika. Pengetahuan baru tersebut tidak jarang mengganti pemahaman atau teori - teori yang ada saat ini.

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki eksistensi teknologi keantariksaan sejak zaman Hindia Belanda. Hal ini tertulis

dalam buku sejarah observatorium Bosscha. Observatorium Bosscha berdiri pada tahun 1928, dan menjadikannya sebagai observatorium yang memiliki teleskop terbesar di Asia Tenggara. Sejak saat itu astronomi di Indonesia berkembang dengan pesat dan didukung oleh keberadaan program studi Astronomi di Institut Teknologi Bandung (ITB). Berbagai penelitian panjang telah dilakukan, seperti pengamatan bintang variabel dan pengamatan gerhana matahari. Seiring dengan perkembangan peradaban Islam modern, pemanfaatan teknologi keantariksaan juga dimanfaatkan untuk pengamatan bulan sabit untuk menentukan awal bulan Qomariyah. Selain itu, saat ini semakin besar animo masyarakat terhadap suatu fenomena alam yang berkaitan dengan keantariksaan. Bahkan jauh sebelum teknologi keantariksaan mulai dikembangkan di Indonesia, negara dengan banyak kepulauan ini merupakan negara yang kaya dengan ragam budaya termasuk beragamnya cerita rakyat atau mitos yang berkembang di masyarakat dan berkaitan dengan fenomena alam, khususnya benda langit. Hal ini tampak, misalnya pada fenomena gerhana Matahari, gerhana Bulan, dan Bulan purnama. Selain itu, juga termasuk pada bangunan sejarah. Dewasa ini telah dilakukan berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa sebuah bangunan pun berkaitan dengan fenomena benda langit dari sisi kesimetrisan antara sebuah bangunan dan arah terbit dan tenggelamnya Matahari. Misalnya candi Borobudur dan relief yang terkandung di sisi bangunan candi secara fisik terdapat gambar tujuh buah bintang, Matahari, dan Bulan. Selain itu, juga terdapat tulisan kuno yang menjelaskan tentang kebiasaan masyarakat terhadap aktivitas sehari-hari, misalnya nelayan yang berlayar dan petani yang bercocok tanam. Semua kegiatan mereka dilakukan dengan melihat pola bintang rasi tertentu yang ada di langit. Hal ini membuktikan bahwa ilmu astronomi telah berkembang sejak lama di Indonesia dan telah mengakar menjadi budaya yang diwariskan secara turun menurun. Oleh karena itu, tidak bisa dipungkiri kita harus mampu bersaing secara teknologi untuk mengeksplorasi pengetahuan.

Indonesia sebagai negara kepulauan yang terletak pada lintang garis khatulistiwa memiliki keuntungan tersendiri dalam upaya mengeksplorasi keindahan langit. Oleh karena itu, Indonesia harus memproyeksikan perkembangan teknologi keantariksaan pada masa depan. Indonesia dengan membangun observatorium nasional sudah menjadi langkah yang sangat strategis. Hal tersebut membuktikan sekali lagi bahwa Indonesia mampu bersaing dalam perkembangan ilmu keantariksaan, baik dari sisi sumber daya manusia maupun kemajuan teknologi dalam skala landas Bumi. Memang pada dasarnya tidak bisa dibandingkan secara langsung dengan beberapa negara maju yang bahkan sudah masuk dalam ranah pengembangan teknologi landas antariksa. Indonesia masih sibuk dalam hal pembahasan kesejahteraan masyarakat, dan belum banyak membahas terkait eksplorasi keantariksaan. Namun, eksplorasi keantariksaan secara keilmuan di Indonesia tentu tidak kalah hebat dengan para ilmuwan di seluruh dunia. Hal ini membuktikan Indonesia dalam fase siap secara sumber daya manusia yang profesional untuk bersaing dengan negara-negara lain. Tidak sedikit astronom dari Indonesia yang berkarya dan berkiprah tersebar di berbagai negara. Termasuk jurnal-jurnal hasil publikasi di bidang ilmu astronomi yang sudah banyak disitasi oleh peneliti lintas negara. Kolaborasi di bidang pendidikan dan penelitian dalam skala perguruan tinggi juga sudah bersifat internasional. Sekali lagi, Indonesia memiliki kapasitas sumber daya manusia yang luar biasa untuk terus berkiprah dalam mengembangkan ilmu keantariksaan.

Pembahasan mengenai wilayah keantariksaan, wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia memiliki pengertian berdasarkan UU No. 43 Tahun 2008 tentang Wilayah Negara. Dalam Pasal 1 angka 1 UU tentang Wilayah Negara yaitu Wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia yang selanjutnya disebut dengan Wilayah Negara adalah salah satu unsur negara yang merupakan satu kesatuan wilayah daratan, perairan pedalaman, perairan kepulauan, dan laut teritorial beserta dasar laut dan tanah di bawahnya, serta ruang udara di atasnya, termasuk seluruh sumber kekayaan yang terkandung di dalamnya. Kemudian Pasal 1 angka 1 UU No. 21 Tahun 2013

menjelaskan tentang antariksa merupakan ruang beserta isinya yang terdapat di luar ruang udara yang mengelilingi dan melingkupi ruang udara. Indonesia adalah negara kepulauan yang membentang sepanjang garis khatulistiwa, serta kedudukannya sebagai wilayah penghubung yang terletak pada posisi silang antara dua benua dan dua samudra. Indonesia sebagai negara khatulistiwa terpanjang, secara geografis merupakan negara yang memiliki wilayah Antariksa yang sama panjangnya dengan segmen *Geo Synchronous Object* (GSO). Apalagi jika dibandingkan negara-negara di kawasan khatulistiwa lainnya, seperti Columbia, Congo, Ecuador, Kenya, Uganda, Zaire, dan Brazil, Indonesia adalah satu-satunya negara yang memiliki jalur GSO terpanjang di atas wilayah teritorialnya, yakni 13% dari panjang GSO seluruhnya atau sepanjang 34.000 km. Oleh karena itu, sebagai negara yang memiliki wilayah geografis yang potensial untuk kepentingan bangsa Indonesia saat ini dan masa yang akan datang, perlu usaha-usaha untuk menjaga keamanan dalam pemanfaatan wilayah Antariksa yang berada di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Di sisi lain, pemanfaatan antariksa seiring dengan perkembangan teknologi peluncuran roket membuat jumlah populasi satelit di antariksa semakin meningkat. Kerusakan satelit pun dapat terjadi karena tabrakan dengan satelit lain ataupun kerusakan pada sistem kendali sehingga menjadi sampah antariksa (*space debris*). Meningkatnya jumlah sampah di ruang angkasa menimbulkan masalah lingkungan yang signifikan dan membawa risiko yang lebih tinggi terhadap fungsi dan misi satelit (Bigdeli dkk., 2023; Yozkalach, 2023). Puing-puing tersebut dapat menimbulkan ancaman tabrakan dengan Stasiun Luar Angkasa Internasional, pesawat ulang-alik, dan satelit komersial, dan terdapat di berbagai bagian orbit Bumi, dengan ukuran, bentuk, kecepatan, dan massa yang bervariasi (Neflia dkk, 2022). Akumulasi puing-puing luar angkasa dapat membuat beberapa jalur orbit menjadi terlalu berbahaya untuk digunakan sehingga berpotensi membatasi kemampuan kita untuk mengeksplorasi dan memanfaatkan ruang angkasa (Schmalenbach, 2022). Selain itu, benda luar

angkasa yang masuk kembali ke atmosfer bumi dapat jatuh ke bumi sehingga menimbulkan bahaya bagi wilayah yang garis pantainya panjang seperti Indonesia. Potensi bahaya dari meteoroid dan asteroid juga dapat menimbulkan ancaman bagi lingkungan Bumi. Implikasi yang ditimbulkan benda jatuh Antariksa antara lain:

- 1) fenomena tabrakan antara satelit rusak dan satelit yang masih aktif,
- 2) membahayakan lingkungan Bumi jika satelit tersebut tidak habis terbakar di atmosfer Bumi, dan
- 3) membahayakan kesehatan jika benda antariksa yang jatuh mengandung unsur radioaktif.

Benda antariksa juga berpotensi dapat masuk ke dalam atmosfer Bumi, jika objek tersebut tidak habis terbakar oleh atmosfer maka sudah dapat dipastikan akan jatuh dan memberikan ancaman terhadap lingkungan di Bumi. Benda jatuh antariksa merupakan benda yang jatuh dari antariksa ke Bumi, baik itu benda buatan manusia, seperti satelit, pecahan satelit, pecahan roket, dan peralatan lainnya, maupun benda alamiah, seperti meteorit, komet, dan asteroid. Jika kita tinjau sejarah fenomena benda jatuh antariksa buatan manusia di beberapa negara antara lain.

- 1) Pecahan ledakan roket Vanguard selama misi percobaan jatuh di sekitar lokasi Cape Canaveral pada tahun 1958.
- 2) Pecahan roket Sputnik IV jatuh di Manitou Amerika Serikat tahun 1960.
- 3) Pecahan satelit Amerika tidak teridentifikasi jatuh di Samudra Pasifik tahun 1961.
- 4) Satelit Cosmos 954 milik Uni Soviet di Kanada tahun 1978.
- 5) Pecahan satelit Rusia tidak teridentifikasi jatuh di Samudra Pasifik pada 27 Maret 2007 yang melintas dan membahayakan sebuah pesawat Lan Airlines-Airbus A340 dengan 270 penumpang.
- 6) Pecahan satelit tidak teridentifikasi jatuh di Saskatoon Kanada tahun 2008.

Dalam catatan blog pribadi Profesor Thomas Djamaludiin sebagai peneliti aktif di Pusat Riset Antariksa ada beberapa contoh benda antariksa yang jatuh ataupun ditemukan di Indonesia (Djamaluddin, 2021) antara lain.

- 1) Pecahan roket SL-8 milik Uni Soviet dengan nomor katalog 11610 jatuh di Gorontalo pada 16 Maret 1981.
- 2) Pecahan roket SL-4 milik Uni Soviet dengan nomor katalog 19042 jatuh di Lampung pada 16 April 1988.
- 3) Pecahan roket CZ-3 milik RRC dengan nomor katalog 23416 jatuh di Bengkulu pada 13 Oktober 2003.
- 4) Pecahan roket Falcon-9 milik SpaceX Amerika Serikat dengan nomor katalog 41730 jatuh di Sumenep Madura pada 26 September 2016.
- 5) Pecahan roket CZ-3A milik RRC dengan nomor katalog 31116 milik Tiongkok jatuh di Sumatra Barat pada 18 Juli 2017.
- 6) Pecahan roket LM/CZ-8 milik RRC jatuh di Selat Karimata pada 4 Januari 2021.
- 7) Pecahan roket CZ-5B RRC jatuh di Desa Pengadang, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat pada 30 Juli 2022, yang sebelumnya sempat melintas di atas langit Lampung.

Sementara itu, contoh fenomena benda alamiah yang jatuh ke Bumi dan tercatat di Indonesia antara lain.

- 1) Meteorit Punggur yang jatuh pada tahun 2021 di Desa Astomulyo, Punggur, Lampung Tengah.
- 2) Meteor jatuh di Bone, Sulawesi Selatan, pada tahun 2009.
- 3) Meteor jatuh di Gianyar, Bali, pada tahun 2008.
- 4) Meteor jatuh di Curup Timur, Bengkulu pada tahun 2015.
- 5) Meteor melewati atas Gunung Merapi, pada 2021.
- 6) Meteor dengan kilauan cahaya hijau terang (*fireball*) yang melintas di langit Yogyakarta pada 2024.

Oleh karena itu, pengembangan instrumentasi keantariksaan dan jejaring patroli langit terhadap objek luar angkasa atau benda

antariksa adalah salah satu cara yang efektif untuk memantau secara kontinu dan mengatalogkan benda-benda luar angkasa yang dapat menimbulkan ancaman bagi kehidupan di Bumi.

B. Konsep Pembentukan dan Pengembangan Jejaring Patroli Langit Untuk Kedaulatan Keantariksaan di Indonesia

Jaringan Patroli Langit Indonesia (Indonesian Space Patrol Network, ISPN) terbentuk pada 2 Agustus 2022, hasil kerja sama Observatorium Astronomi ITERA Lampung (OAIL) dan Surabaya Astronomy Club (SAC). ISPN saat ini mempunyai tujuh anggota yang dikelola secara individual oleh lembaga-lembaga di Jawa Timur, Lampung, DI Yogyakarta, Kalimantan Tengah, dan Nusa Tenggara Timur. Titik posisi *All-Sky Camera* dikelola oleh Jaringan Patroli Langit Indonesia dan dapat diakses di website <https://allskycam.or.id/>. Lebih lanjut, misi didirikannya Jaringan Patroli Langit Indonesia adalah melakukan patroli langit dengan mengajak seluruh observatorium dan komunitas astronomi di Indonesia untuk menggunakan *All-Sky Camera*.

Setiap anggota Jaringan Patroli Langit Indonesia memiliki tanggung jawab utama sebagai berikut”

- 1) memantau langit Indonesia, khususnya terhadap benda jatuh seperti meteor atau sampah luar angkasa;
- 2) memantau polusi cahaya di Indonesia;
- 3) membuat jaringan *All-Sky Camera* yang dapat langsung diakses oleh masyarakat; dan
- 4) berkolaborasi untuk membangun database *All-Sky Camera*.

Adapun *stakeholder* yang dapat dilibatkan dalam jejaring patroli langit untuk kedaulatan keantariksaan di Indonesia, yaitu observatorium, perguruan tinggi yang memiliki laboratorium keantariksaan, dan komunitas astronomi. Berikut beberapa pemangku kepentingan tersebut.

- 1) Observatorium adalah sebuah lokasi dengan perlengkapan yang diletakkan secara permanen agar dapat melihat langit dan peristiwa yang berhubungan dengan angkasa.
- 2) Perguruan tinggi yang memiliki fokus studi keantariksaan, yaitu institusi pendidikan tinggi yang menawarkan program dan kursus yang berkaitan dengan ilmu keantariksaan yang dapat mencakup astronomi, astrofisika, teknik *aerospace*, dan bidang terkait lainnya. Program-program ini dirancang untuk mempersiapkan mahasiswa untuk berkarier di industri keantariksaan, penelitian, dan pengembangan ilmu pengetahuan tentang alam semesta.
- 3) Komunitas astronomi adalah sekelompok orang yang memiliki minat bersama dalam bidang astronomi. Mereka sering berkumpul untuk berbagi pengetahuan, mengamati langit, dan mendiskusikan topik terkait astronomi, seperti bintang, planet, galaksi, dan fenomena kosmik lainnya. Komunitas ini bisa terdiri dari amatir, profesional, atau campuran keduanya.

Ilmu astronomi telah menunjukkan kekuatannya dalam masyarakat melalui pembentukan komunitas-komunitas astronomi yang tersebar di berbagai kota. Keberadaan komunitas ini mencerminkan minat yang luas dan mendalam terhadap ilmu pengetahuan tentang alam semesta, serta keinginan untuk berbagi pengetahuan dan pengalaman dalam mengamati langit. Dengan adanya pertukaran ide dan kegiatan observasi bersama, komunitas-komunitas ini memperkaya pemahaman kolektif tentang kosmos.

Di tingkat akar rumput, komunitas astronomi berperan penting dalam menginspirasi generasi baru pengamat langit dan para peminat astronomi. Mereka menyediakan platform bagi individu dari segala usia untuk belajar, bertanya, dan tumbuh dalam pengetahuan mereka tentang astronomi. Kegiatan-kegiatan, seperti *workshop*, pengamatan bintang, dan diskusi publik menjadi bukti bahwa ilmu astronomi tidak hanya berkembang di lingkungan akademis, tetapi juga telah menjangkau dan mengakar di masyarakat luas.

Kolaborasi ketiga *stakeholder* di atas dapat mendukung satu sama lainnya sesuai peran dan fungsinya. Misalnya Komunitas Astronomi Lampung (KALA) merupakan komunitas pertama di Lampung yang lingkupnya di bidang astronomi (Susilo, 2020). Warid Zul Ilmi adalah ketua KALA pertama yang terpilih. KALA dibentuk atas dasar banyaknya minat masyarakat terhadap dunia astronomi pada berbagai fenomena astronomi yang terjadi di Lampung tepatnya pada fenomena Gerhana Matahari Total pada tahun 2016 silam. Hal tersebut membuat KALA menjadi wadah berkumpulnya para pecinta astronomi dari berbagai kalangan untuk berbagi dan belajar tentang dunia astronomi. Peran komunitas adalah sebagai jembatan informasi pengetahuan yang sebelumnya melalui proses pengamatan dari observatorium, penelitian di perguruan tinggi, dan penyampaian kepada masyarakat. Sesuai dengan visinya, KALA dapat menjadi fasilitator masyarakat untuk mendapatkan pengetahuan tentang ilmu astronomi, khususnya mengenai fenomena-fenomena alam yang terjadi di Bumi. Peran lainnya adalah menjalankan kegiatan seputar ilmu keantariksaan, seperti edukasi wisata astronomi, *star party*, *astrocamp*, diskusi tentang sains astronomi, dan pergerakan sosial serta lingkungan. Komunitas KALA juga melakukan gerakan sosial dan lingkungan, yaitu ikut andil dalam beberapa penyelenggaraan acara, seperti World Clean Up Days, Earth Hours, dan juga membuat donasi yang kemudian direalisasikan sebagai kegiatan eduwisata astronomi di sekolah terpencil. Kegiatan sederhana seperti itu dapat dilakukan oleh siapa pun selama ada kolaborasi antara *stakeholder* perguruan tinggi, observatorium, dan komunitas.

C. Pemantauan Langit dari ITERA untuk Indonesia

Catatan sejarah tentang pembentukan Observatorium Astronomi ITERA Lampung (OAIL) tidak lepas dari peran orang-orang yang memiliki pandangan jauh ke depan tentang pentingnya penguasaan teknologi keantariksaan modern di Indonesia. Sedikitnya jumlah observatorium astronomi di kawasan ekuator, dan minimnya luas daratan (30%) dibanding dengan luas lautan (70%), serta lokasi

yang memenuhi persyaratan untuk pengamatan astronomi, menjadi motivasi utama Institut Teknologi Sumatera (ITERA), Institut Teknologi Bandung (ITB), dan Pemprov Lampung menginisiasi untuk mendirikan sebuah observatorium baru yaitu Astronomical Observatory, Earth and Space Sciences Education Center in Sumatera (IAO ESSECS) pada awal 2017 yang akan dibangun di Taman Hutan Raya Wan Abdur Rahman (TAHURA WAR), Gunung Betung, Bandar Lampung. Pada 2018, kolaborasi ketiganya kemudian menular pada banyak astronom di Asia Tenggara melalui pertemuan penting membahas keberlanjutan kegiatan keastronomian dari berbagai perwakilan negara yang hadir termasuk perwakilan dari Indonesia dalam acara SEAAN Meeting yang ke-10 di Bandar Lampung. Namun, seiring berjalannya waktu program kegiatan pembangunan observatorium di Provinsi Lampung dihentikan. Ilustrasi tentang sejarah pembangunan OAIL dapat dilihat pada Gambar 3.1.



HISTORIS

2019 : Observatorium Kampus

• Fokus dalam upaya mendukung Tri Dharma Perguruan Tinggi dan tetap sebagai *Center of Excellent*

OAIL
Observatorium Astronomi
ITERA Lampung

@oail.itera
 oail.itera.ac.id
 oail@itera.ac.id
 UPT OAIL, Gedung C Lantai 2 ITERA
 Jalan Terusan Ryabudi
 Way Hal, Halogongi, Lampung

• **Visi dan Misi**

- Visi Observatorium Astronomi ITERA Lampung (OAIL) identik dengan visi ITERA, yakni: **Mencerdaskan masyarakat, sebagai laboratorium pendidikan tersier di lingkungan ITERA, dan secara proaktif berpartisipasi dalam jejaring eksplorasi dan patroli langit.**
- **Misi**
 - Melakukan penelitian dan eksplorasi langit dari wilayah Indonesia,
 - Memanfaatkan langit untuk pendidikan keantarkiksaan bagi mahasiswa ITERA dan ITB serta masyarakat Lampung dan Sumatera,
 - Memanfaatkan lokasi OAIL untuk wisata edukasi, terutama dalam bidang sains antariksa, kebumihan, dan teknologi instrumentasi,
 - Membangun kerjasama nasional maupun internasional dalam melakukan eksplorasi langit untuk kesejahteraan manusia
- **Tekad OAIL**
OAIL berkead untuk mengembangkan diri menuju satu unit dengan karakter kuat *center of excellence* di bawah panji-panji visi dan misi Institut Teknologi Sumatera. Bersama Program Studi Sains Atmosfer dan Keplanetan dan Pusat Riset Inovasi Geopark Global dan Wisata Langit, melaksanakan dharma pendidikan dan penelitian dalam Tri Dharma Perguruan Tinggi. OAIL menyelenggarakan *public outreach* sebagai manifestasi dharma ketiga perguruan tinggi, yakni pengabdian masyarakat.

**2020 - 2021 :
Pembangunan OZT - ALTS**



**2021 - 2022 :
Pembangunan ITERA Robotic Telescope (IRT) V1 dan V2**



Sumber: Robiatul Muztaba (2021)

Gambar 3.1 Sejarah Pembangunan OAIL

Pada 2019 terjadi perubahan nama dari IAO–ESSECS menjadi Observatorium Astronomi ITERA Lampung (OAIL) dan dilanjutkan pembangunannya menjadi sebuah observatorium yang ada di lingkungan kampus. Berbeda dengan laboratorium di perguruan tinggi yang umumnya hanya berfungsi sebagai sarana praktikum bagi mahasiswa, Observatorium Astronomi ITERA Lampung (OAIL) hadir dengan visi dan misi, serta tekad yang lebih luas sebagai berikut.

1) Visi

Visi Observatorium Astronomi ITERA Lampung (OAIL) sejalan dengan visi ITERA, yakni mencerdaskan masyarakat, sebagai sebuah laboratorium pendidikan tersier di lingkungan ITERA, dan ikut secara proaktif berpartisipasi dalam jejaring eksplorasi dan patroli langit.

2) Misi

- a) Melakukan penelitian dan eksplorasi langit dari wilayah Indonesia;
- b) Memanfaatkan langit untuk pendidikan keantariksaan bagi mahasiswa ITERA dan ITB serta masyarakat Lampung dan Sumatra. Memahami isi dan fenomena langit merupakan tantangan untuk meningkatkan kualitas berpikir manusia, menguasai dan mengembangkan sains dan teknologi, baik melalui observasi maupun eksplorasi, membangun budaya, mengajak manusia lebih banyak menggunakan pemikiran rasionalitas, menyinergikan antara dzikir dan pikir, serta membangun kerja sama lintas negara, lintas budaya dan lintas generasi.
- c) Memanfaatkan lokasi OAIL untuk wisata edukasi, terutama dalam bidang sains antariksa, kebumihantaran, dan teknologi instrumentasi,
- d) Membangun kerja sama, baik nasional maupun internasional dalam melakukan eksplorasi langit untuk kesejahteraan manusia

3) Tekad OAIL

- a) OAIL bertekad untuk mengembangkan diri menuju satu unit dengan karakter kuat *center of excellence* yang sejalan dengan visi dan misi Institut Teknologi Sumatra dan bersama Program Studi Sains Atmosfer dan Keplanetan (SAP) melaksanakan dharma pendidikan dan penelitian dalam Tri Dharma Perguruan Tinggi. Selain itu, OAIL menyelenggarakan *public outreach* sebagai manifestasi dharma ketiga perguruan tinggi, yakni pengabdian kepada masyarakat.



Keterangan: Rektor Pertama ITERA berfoto bersama beberapa teleskop Barride. Beliau mendukung penuh pendirian OAIL hingga saat ini.

Sumber: Elin Humas (2016)

Gambar 3.2. Teleskop Barride

Pada awal berdirinya, OAIL mendapatkan dukungan hibah teleskop dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan sebanyak 10 teleskop refraktor Barride melalui Tim Pelaksana Olimpiade Astronomi (TPOA) yang berpusat di Institut Teknologi Bandung (ITB). Kemudian keluarga Bapak Ofyar Z. Tamin (alm.) menghibahkan 2 (dua) buah teleskop refraktor Lunt dan Meade 8 inch, dan menerima banyak dukungan dari berbagai CSR. Observatorium Astronomi ITERA Lampung (OAIL) terus berkembang di bawah Pimpinan Kepala Unit Pelayanan Teknis (UPT) OAIL pertama yaitu Dr. Hakim L. Malasan dengan melibatkan banyak kerja sama di bidang astronomi. *Memorandum of Understanding* - MoU antara ASTELCO GmbH dan ITERA telah dilaksanakan pada Maret 2020. Kemudian disepakati bahwa ASTELCO akan mengirimkan dua kontainer berisi seperangkat Astelco Lunar Telescope System (ALTS) yang belum dirakit. Pada

awal Maret 2021, tim OAIL melakukan proses instalasi ALTS yang dipandu oleh teknisi ASTELCO GmbH.



Sumber: Aditya Abdillah Yusuf (2021)

Gambar 3.3 Proses instalasi teleskop OZT-ALTS di OAIL

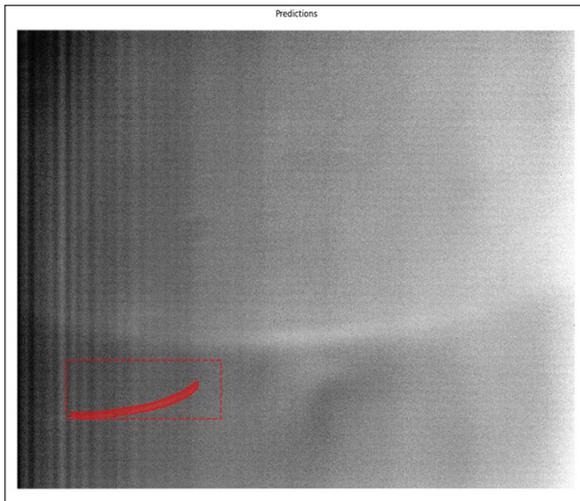
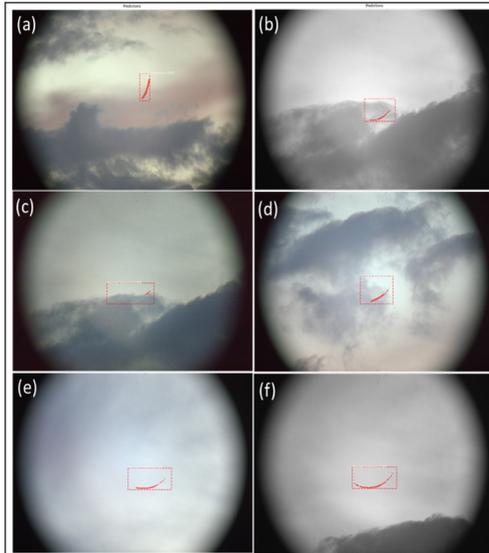
Teleskop ini adalah teleskop robotik pertama di kampus ITERA dan dikhususkan untuk pengamatan Bulan terutama Hilal. Nama OZT-ALTS berasal dari almarhum rektor pertama ITERA (Prof Ofyar Z Tamin) dan juga nama dari sistem teleskop ini yaitu Astelco Lunar Telescope System. OZT-ALTS adalah teleskop robotik produksi Astelco System GmbH, yang merupakan teleskop untuk program stasiun pemantauan internasional dengan objek khusus yaitu Bulan. Program ini digagas oleh Kerajaan Arab Saudi dengan nama programnya adalah *International Moon Sighting Station Program* (IMSSP). OZT – ALTS dipasang di Stasiun Pengamatan Meteorologi-

Klimatologi-Geofisika dengan koordinat geografis $5^{\circ} 21' 45.9''$ S $105^{\circ} 18' 41.7''$ E pada ketinggian 90 mdpl. Teleskop yang terpasang di ITERA ini adalah satu dari 14 teleskop pengamat Bulan yang tersebar di berbagai belahan dunia. Jenis teleskop adalah refraktor triplet apokromat dengan diameter 152 mm dan panjang fokus 1200 mm. Teleskop dilengkapi dengan *baffle* untuk menapis cahaya Matahari, dan dilengkapi kamera inframerah. Teleskop ini mampu mengamati Bulan secara robotik tanpa campur tangan manusia dan juga dapat dikontrol dari jarak jauh dengan internet. Teleskop ini dihibahkan kepada ITERA dan dikelola oleh OAIL. Dengan adanya teleskop ini, diharapkan dapat berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan di Indonesia terutama pemanfaatannya bagi sivitas akademika ITERA.

Salah satu kelebihan dari teleskop OZT-ALTS adalah kemampuannya menangkap cahaya melalui dua jalur cahaya yang terhubung ke dalam dua buah kamera yang berbeda secara simultan selama mengamati objek benda langit. Kamera pertama menggunakan jenis kamera *Charge-Coupled Device* (CCD) yang mampu menerima cahaya inframerah yaitu kamera Allied Vision Manta G-031B. Sementara itu, kamera kedua menggunakan kamera jenis *Complementary Metal-Oxide-Semiconductor* (CMOS) berwarna yaitu kamera ZWO ASI 533 MM Pro yang digunakan untuk menangkap cahaya tampak. Untuk pelacakan (*tracking*) objek langit, teleskop ini dilengkapi dengan *mounting ekuatorial* yang sangat baik yaitu Astelco NTM-500. Alat ini adalah sebuah *mounting direct drive* yang mampu mengikuti gerak objek langit dengan sangat presisi karena memiliki encoder yang sangat baik. NTM-500 mampu mengikuti pergerakan objek langit dengan akurasi sangat baik, bahkan dapat melacak objek yang bergerak cukup cepat di langit hingga kecepatan normal maksimal 10 derajat per detik. Kemampuan ini menjadikan teleskop OZT-ALTS sangat cocok tidak hanya untuk pengamatan objek langit statis, seperti bintang dan planet, tetapi juga untuk objek yang bergerak cepat, seperti komet, asteroid, bahkan satelit buatan manusia.

OAIL sebagai titik baru patroli langit dengan teleskop modern sekaligus menjadi pos observasi hilal nasional yang ditetapkan oleh Kementerian Agama. Keberadaan teleskop tersebut menjadi hal yang sangat baik bagi Indonesia dan OAIL menjadi jembatan komunikasi dengan negara lain terkait pengamatan Bulan, terutama fase Bulan sabit atau lebih dikenal dengan istilah hilal. Selain itu, juga dikembangkan sistem pendeteksian otomatis berbasis sistem cerdas pembelajaran mendalam (*deep learning*) menggunakan Mask-RCNN. Adapun beberapa hasil dari pemantauan Bulan sabit dapat dilihat pada Gambar 3.4.

Selain pengamatan Bulan Sabit, OZT-ALTS dapat digunakan untuk pengamatan objek lainnya, seperti komet dan eksoplanet. Salah satunya adalah foto citra komet C/2022 E3 yang diperoleh pada 16 Januari 2023 seperti yang terlihat pada Gambar 3.5. Adanya citra komet C/2022 E3 yang didapatkan oleh OAIL ini dapat dijadikan sarana pembelajaran bagi masyarakat di bidang astronomi. Pengamatan komet C/2022 E3 dilakukan di ITERA sejak 12–20 Januari 2023 dengan menggunakan teleskop robotik OZT-ALTS yang terpasang di Taman Alat MKG ITERA. Adapun model dari trajektori komet C/2022 E3 menggunakan perangkat lunak Stellarium dapat dilihat pada Gambar 3.6 dan Gambar 3.7. Gambar 3.5 menjelaskan tentang model trajektori C/2022 E3 (ZTF) pada 12 hingga 31 Januari 2023 di ITERA yang dapat diamati saat fajar. Gambar 3.6 menjelaskan tentang model trajektori C/2022 E3 (ZTF) yang dapat diamati pada 1 hingga 20 Februari 2023 di ITERA saat senja.



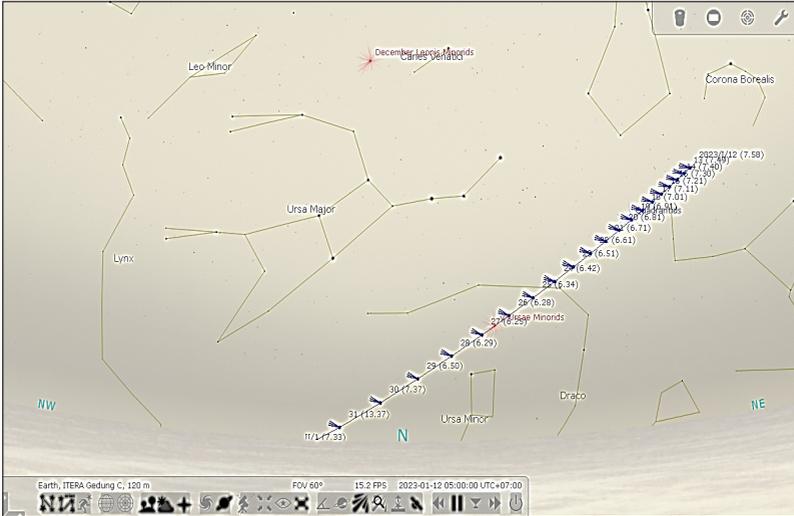
Sumber: Muztaba et al. (2023)

Gambar 3.4 Penggunaan Kecerdasan Buatan untuk Pendeteksian Hilal di OAIL



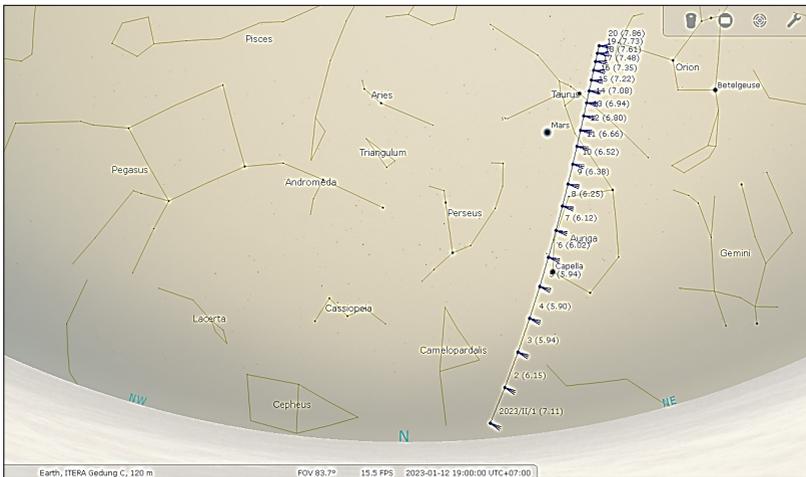
Sumber: Aditya Abdillah Yusuf (2023)

Gambar 3.5 Komet C/2023 E3 (ZTF)



Sumber: Aditya Abdillah Yusuf (2023)

Gambar 3.6 Trajektori C/2022 E3 (ZTF) pada 12 hingga 31 Januari 2023 di ITERA saat fajar.



Sumber: Aditya Abdillah Yusuf (2023)

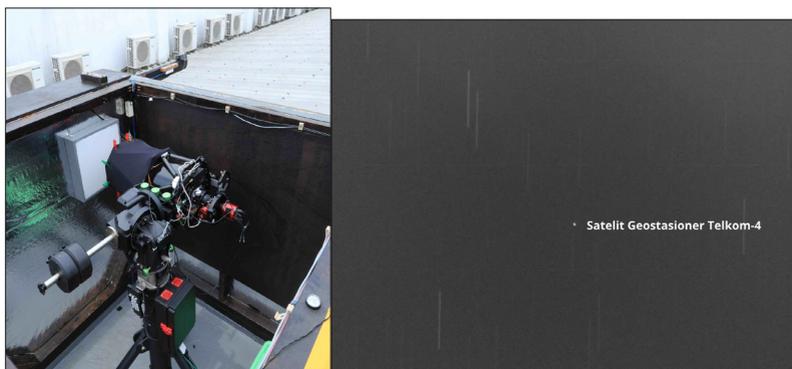
Gambar 3.7 Trajektori C/2022 E3 (ZTF) pada 1 hingga 20 Februari 2023 di ITERA saat senja.

Komet C/2022 E3 merupakan salah satu komet yang memiliki periode panjang. Pada umumnya bahan penyusun komet sudah habis terbakar dalam rentang waktu umur tata surya kita selama 4,6 miliar tahun. Komet ini mungkin sudah lebih dari 1.000 kali menghampiri kawasan perihelion yang panas, materi komet yang mudah menguap dalam bentuk gas dan debu sudah habis tercecer sepanjang perjalanannya, tinggal materi padat saja. Oleh karena itu, penampakan komet C/2022 E3 terlihat hanya memiliki ekor yang relatif lebih pendek dari komet lainnya, bahkan lebih mirip dengan objek asteroid. Di sisi lain, pengamatan komet akan memberikan informasi kepada kita tentang materi penyusun pembentukan tata surya. Hal tersebut sangat bermanfaat untuk melakukan studi tentang pemodelan tata surya.

D. Pengembangan Instrumentasi Astronomi di OAIL

Eksistensi keberadaan OAIL diharapkan mengakomodasi antusiasme masyarakat untuk memperoleh pengetahuan atau penjelasan astronomi yang mutakhir dan menjadi bagian dari jejaring patroli langit. Oleh karena itu, OAIL dan Program Studi Sains Atmosfer dan Keplanetan (SAP) memiliki salah satu fokus penelitian dalam bidang instrumentasi untuk pemanfaatan benda jatuh antariksa yang dinilai sebagai upaya dalam mitigasi bencana dampak dari benda jatuh antariksa pada masa depan dengan melakukan pemantauan terhadap benda langit secara kontinu. Keberadaan teleskop robotik OZT-ALTS di ITERA dijadikan sebagai role model untuk mengembangkan teleskop robotik yang dikembangkan secara swakriya berbasis printer 3D, NINA, dan Onstep, seperti ITERA Robotik Telescope (IRT), Ultra Compact ITERA Robotik Telescope (UTOPIA) I, UTOPIA II, dan UTOPIA III. ITERA Robotik Telescope (IRT) merupakan teleskop robotik yang dikembangkan oleh tim OAIL dalam menjawab kebutuhan atas adanya teleskop permanen yang dapat digunakan untuk penelitian dan juga praktikum mahasiswa. ITERA Robotik Telescope (IRT) terus dikembangkan untuk kepentingan pemantauan benda jatuh telah berhasil dibuat dan dipraktikkan dalam misi observasi dengan berbagai teknik pengamatan astrometri, fotometri, dan spektroskopi.

IRT terdiri dari beberapa perangkat pendukung primer, seperti *sliding roof*, *auto-guider*, *auto-focuser*, dan *auto-cover*. Adapun perangkat pendukung sekunder lainnya adalah *All Sky Camera*, *Automatic Weather Station*, *Sky Quality Meter*, *Rain Safety Monitor*, *Off-Grid Electrical System*, *Web-based switch*, dan CCTV. IRT dilengkapi dengan baterai aki 12V yang mampu bertahan selama 6 jam dengan proses pengisian daya menggunakan panel surya. IRT saat ini dipasang di Rooftop Gedung C Kampus ITERA, Lampung, Indonesia dengan koordinat geografis $5^{\circ}21'30.5''$ S, $105^{\circ}18'49.5''$ E, pada ketinggian 132 mdpl. IRT menggunakan sistem optik GSO 10" (254mm) F/8 Ritchey–Chrétien dengan panjang fokus 2032 mm dan dilengkapi teleskop refraktor Svbyony SV106 yang digunakan untuk observasi fotometrik yang dikombinasikan dengan kamera ZWO ASI533MC Pro dan berbagai filter astronomi standar.



Sumber: Aditya Abdillah Yusuf (2023)

Gambar 3.8 ITERA Robotic Telescope dan hasil pengamatan satelit geostasioner.

Selain itu, juga dikembangkan sebuah kamera penjuru langit (*All Sky Camera*) yang dirancang dengan kemampuan untuk mendeteksi objek dan melakukan pengukuran parameter atmosfer. Teleskop dan *All Sky Camera* dapat digunakan untuk melacak puing-puing luar angkasa dan mencegah tabrakan dengan mengamati dan memantau objek-objek di orbit bumi. Pengamatan ini dapat memberikan

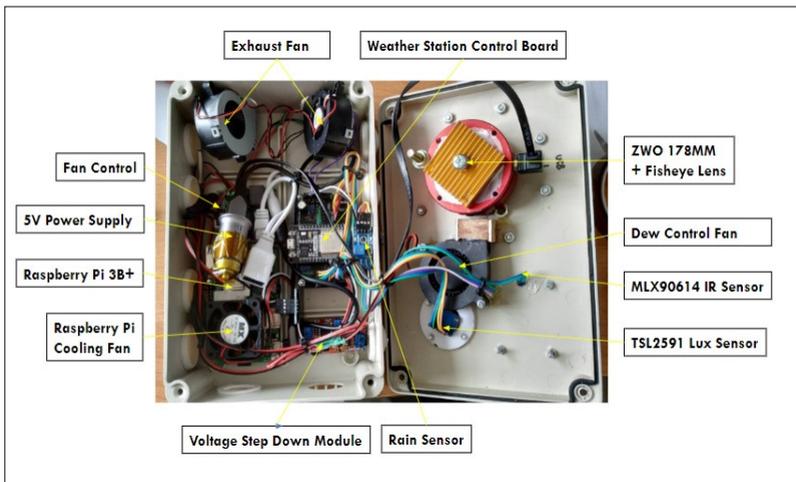
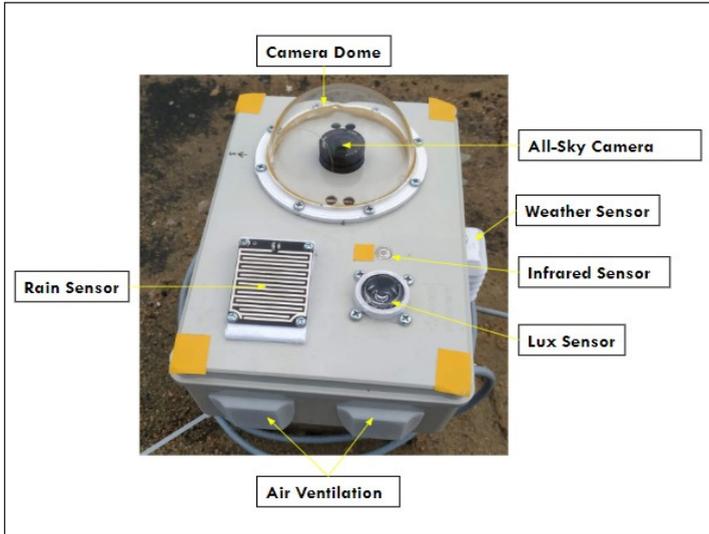
informasi tentang posisi, jarak, perilaku, dan bentuk puing-puing (Andrić, & Radić, 1996). Metode optik, seperti observasi posisi, laser, dan fotometrik, biasanya digunakan untuk melacak objek buatan di luar angkasa (Jenniskens dkk., 2011). Penggunaan teleskop yang dilengkapi dengan perangkat keras dan perangkat lunak khusus memungkinkan terlaksananya pengamatan tersebut dan penyediaan informasi yang relevan (Bettonvil, 2014). Konsep pengembangan *All Sky Camera* untuk instrumentasi patroli langit akan ditempatkan di berbagai wilayah Indonesia. Kamera yang beroperasi di garis lintang khatulistiwa (Indonesia) memiliki tantangan tersendiri karena kondisi cuaca yang tidak stabil sepanjang musim (Muztaba dkk., 2018). Upaya khusus telah dilakukan untuk merancang instrumen kokoh yang mampu menahan angin kencang, kondisi lembap, basah, dan perubahan suhu ekstrem. Pengembangan *All Sky Camera* terdiri dari lima bagian utama, yaitu perakitan sistem kamera, kalibrasi bidang pandang (FOV), sistem pendukung perangkat, perakitan rumah kamera, dan perakitan sistem kontrol.

1) Perakitan Kamera

Kamera yang digunakan untuk mengembangkan *All Sky Camera* menggunakan kamera ZWO ASI178MM yang memiliki sensor CMOS 1/1,8" IMX178 dengan Teknologi SONY STARVIS dan Exmor-R sehingga dapat menghasilkan gambar dengan noise rendah namun tetap memiliki sensitivitas tinggi. Sensor *back-illuminated* mencapai puncak QE 81% dengan sensitivitas di seluruh cahaya tampak, inframerah, dan sebagian ultraviolet antara 300 dan 400 nm. ZWO ASI178MM memiliki ADC 14-bit, pembacaan *noise* yang rendah, dan sensitivitas tinggi sehingga akan menjadi kamera yang dapat digunakan untuk beberapa jenis observasi, termasuk pengamatan seluruh langit.

2) Sistem Pendukung Perangkat

Sistem Pendukung Perangkat terdiri dari beberapa komponen, seperti terlihat pada Gambar 3.9.



Sumber: Muztaba dkk. (2024)

Gambar 3.9 All Sky Camera dan sistem pendukung perangkat lainnya

- a) Sensor Cuaca. Sistem pemantauan cuaca yang dikembangkan menggunakan *software* mySQM oleh Robert Brown dan mik-

rokontroler ESP32. Modul ini menggunakan sensor BME280 untuk mengukur suhu, kelembapan, dan tekanan. Sensor ini dikenal murah dan cukup sensitif, biasanya dipasang di luar *housing*. Layar Stevenson digunakan untuk menutupi dan melindunginya dari panas matahari langsung. Selain itu, sensor dilengkapi anemometer yang dibuat menggunakan printer 3D dengan filamen PETG tahan panas untuk mengukur kecepatan angin. Kemudian juga digunakan dua sensor, yaitu sensor efek hall KY-024 dengan magnet untuk menghitung kecepatan angin dan sensor magnet AS5600 untuk menentukan arah angin.

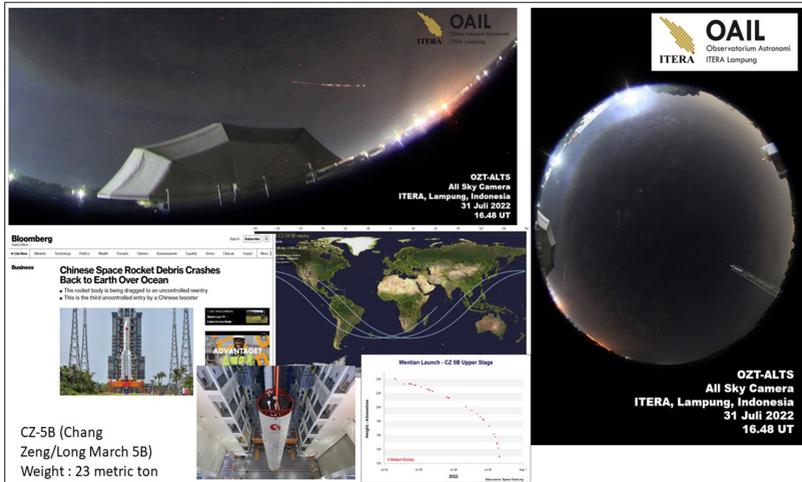
- b) Sensor Hujan. Sensor hujan bertujuan untuk mengetahui apakah sedang hujan atau tidak dan seberapa derasnya dari pembacaan tetesan hujan. Jika ada tetesan air hujan di bantalan pengindraan, resistansi modul akan berubah. Jika nilai ini berubah, tegangan akan turun, dan sensor akan memberi sinyal bahwa ada tetesan air hujan di bantalan pengindraan. Hasil pembacaan sinyal tegangan akan terekam secara langsung oleh sistem. Semakin kecil nilai tegangannya maka semakin deras pula hujannya.
- c) Sensor Inframerah (Sensor Awan). Sensor awan bertujuan untuk mengukur seberapa langit tempat pengamat tertutup awan. Modul yang digunakan adalah sensor suhu inframerah non-kontak MLX90614. Sensor ini membaca dua jenis suhu, yaitu suhu lingkungan (*Sky-Ambient*) dan suhu langit (*Sky-Object*). Cakupan sensor ini 90 derajat diarahkan ke *zenith*. Kemudian dengan membandingkan nilai suhu *Sky-Object* dan *Sky-Ambient* dapat mengetahui kondisi awan di langit.
- d) Sensor Lux. Kami menggunakan TSL2591 sebagai sensor lux. TSL2591 adalah sensor cahaya digital rentang dinamis tinggi. Sensor lux memiliki rentang dinamis sekitar 600 juta banding 1, maksimum efektif sekitar 88000 lux dan memiliki jangkauan yang luas karena memiliki nilai penguatan yang dapat dikonfigurasi. Selain itu juga sensitif terhadap kondisi cahaya redup sehingga dapat digunakan sebagai pengukur kualitas langit.

- e) Rakitan rumah kamera. Rakitan rumah kamera terbuat dari bahan Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) yang membuatnya lebih awet dan tahan panas. Dimensi rakitan rumah kamera adalah 150 x 250 x 130 mm. Kamera ZWO 178MM dengan Lensa Fisheye terpasang di dalam kotak, beserta sistem pendukung perangkat lain, seperti pengontrol kipas, kipas titik embun, catu daya 5V, Raspberry Pi 3B+, kipas pendingin Raspberry Pi, modul penurun tegangan, papan kontrol stasiun cuaca, sensor hujan, sensor lux TSL2591, dan sensor IR MLX90614, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.9. Kami menggunakan kubah kaca borosilikat untuk melindungi kamera. Wadahnya harus kedap air sehingga tahan cipratan air, kecuali ventilasi panas (sebagai jalur udara masuk dan keluar).
- f) Sistem Kontrol. Sistem ini menggunakan Raspberry Pi 3B+ yang dioperasikan menggunakan perangkat lunak *Sky Camera* yang dibuat oleh Thomas Jacquin. Perangkat lunak tersebut berfungsi untuk mengontrol, mencatat gambar, mengukur selang waktu, keogram, dan jejak bintang. Kemudian menggunakan firmware mySQM dan R-Brown untuk mengelola semua sensor cuaca, sensor awan, dan SQM, serta untuk mencatat data stasiun cuaca yang dikirim dari mikrokontroler ESP32 melalui jaringan Wi-Fi. Semuanya diatur otomatis, termasuk *logging*. Selain itu, MicroSD 64GB sebagai penyimpanan data selama sekitar 30 hari dan menghasilkan 1,3 GB untuk setiap gambar, video, keogram, dan data jejak bintang. Data yang sudah melebihi 30 hari akan dipindahkan ke penyimpanan *Cloud* atau PC komputer dengan kapasitas penyimpanan yang lebih besar. Jika Raspberry Pi kita terhubung ke internet melalui Wi-Fi atau jaringan LAN, kita dapat menghubungkannya melalui VNC untuk memperbarui konfigurasi kamera All-Sky atau stasiun cuaca dari jarak jauh. Semua log secara otomatis disimpan di Raspberry Pi untuk stasiun cuaca. Karena menggunakan protokol TCP/IP, kita dapat mengambil data cuaca dari perangkat lain yang terhubung ke Wi-Fi atau jaringan yang sama

dengan mikrokontroler ESP32 dari mySQM +. Kita juga dapat mengintegrasikannya dengan ASCOM untuk menulis header file FITS dari pengamatan teleskop atau menyimpan log di tempat lain selain Raspberry Pi utama.

E. Pengamatan dan Pemantauan Benda Jatuh Antariksa sebagai Peringatan Dini dari Potensi Bahaya Bencana Antariksa

Hasil dari patroli pemantauan benda langit menggunakan OAIL, antara lain Roket Long March 5B CZ-5B (Chang Zeng/Long March 5B) yang merupakan roket kelas berat Tiongkok yang diluncurkan dari Situs Peluncuran Luar Angkasa Wenchang pada 24 Juli 2022. Roket tersebut digunakan untuk mengirimkan modul laboratorium Wentian ke Stasiun Luar Angkasa Tiangong, Tiongkok. Berdasarkan komando luar angkasa AS, benda yang jatuh tersebut adalah bagian dari roket CZ-5B seberat 23 ton, dan meledak dalam kobaran api saat terbang dengan kecepatan sangat tinggi melalui atmosfer Bumi. Salah satu bagian dari roket ini mulai terbakar di atas Samudra Hindia sekitar pukul 16:45 (23:45 waktu setempat) setelah terjebak di orbit rendah Bumi selama beberapa hari. Puing-puing terbakarnya roket CZ-5B yang menerangi langit Sumatra berhasil dideteksi di langit bagian utara menggunakan *All-Sky Camera* yang kami kembangkan pada malam tanggal 30 Juli 2022 pukul 23:48 WIB (lihat Gambar 3.11). Kamera ini merekam langit setiap 30 detik. Garis putus-putus pada gambar mewakili bekas pecahnya badan roket CZ5B akibat terbakar di atmosfer Bumi. Tiga gambar hasil *All-Sky Camera* menangkap puing-puing yang bergerak dari barat daya ke utara selama 1 menit 30 detik



Sumber: Aditya Abdillah Yusuf (2022)

Gambar 3.10 Prediksi orbit CZ-5B dan hasil rekaman *all sky* di ITERA

Hasil pengamatan lainnya seperti meteor yang melewati atmosfer juga berhasil diidentifikasi menggunakan All Sky Camera yang kami kembangkan seperti terlihat pada Gambar 3.12 dan Gambar 3.13.

Selain itu, beberapa program yang rutin ITERA lakukan untuk menambah wawasan di masyarakat tentang pentingnya mitigasi bencana benda jatuh antariksa antara lain :

- 1) Pengamatan benda jatuh dengan all-sky camera,
- 2) Pengamatan rutin asteroid dekat bumi,
- 3) Sosialisasi mengenai benda jatuh kepada masyarakat sekitar observatorium baik melalui media maupun program seminar



Sumber: Muztaba dkk. (2024)

Gambar 3.11 All-Sky Camera merekam jejak puing-puing roket long march 5B CZ-5B (Chang Zeng/Long March 5B).



Sumber: Muztaba dkk. (2024)

Gambar 3.12 All-Sky Camera di SAC merekam Meteor Terang pada 26 Juli 2022 pukul 22:04 WIB.



Sumber: Muztaba dkk. (2024)

Gambar 3.13 All-Sky Camera di ITERA merekam Meteor Perseid pada 16 Agustus 2022 pukul 21.51.

F. Penutup

Jaringan Patroli Langit Indonesia (ISPN) yang digagas ITERA dan SAC, terus didorong peranannya untuk memperkuat misi keantariksaan Indonesia. Tidak hanya dalam konteks ISPN, pada prinsipnya ITERA sangat terbuka untuk kolaborasi membangun jejaring patroli langit bersama dengan berbagai perguruan tinggi, observatorium, dan komunitas yang ada di Indonesia untuk bersama-sama melakukan upaya pemantauan bersama terhadap benda langit. Beberapa penelitian dan kegiatan yang pernah dilakukan, antara lain:

- 1) melakukan penelitian terhadap Meteor yang jatuh di Astomulyo, Punggur, Lampung Tengah;
- 2) merekam jatuhnya sampah antariksa, Roket CZ-5B milik Tiongkok, dengan menggunakan 2 *all sky camera* di ITERA;
- 3) Sekarang (2024) OAIL sedang membuat alat *tracking* satelit baik secara visual (Utopia III) dan radio (Tesseract).
- 4) OAIL melakukan sosialisasi mengenai patroli langit dalam berbagai kegiatan seminar baik daring maupun luring.
- 5) OAIL dan beberapa pihak telah membentuk jejaring All Sky Camera di Indonesia, dan berkomitmen untuk selalu membantu perkembangannya di Indonesia.

Langkah awal yang bisa kita lakukan bersama adalah menginventarisasikan perangkat yang ada di masing-masing perguruan tinggi, observatorium, dan komunitas yang dikhususkan untuk pemantauan potensi benda jatuh dan bisa diakses bersama. Kami telah mengembangkan teleskop swakriya Utopia III (Gambar 3.14) yang memiliki sistem teleskop dengan mounting DIY dan refraktor kecil sebagai solusi mudah dan terjangkau untuk melakukan *tracking* sampah antariksa yang memiliki kecerlangan tinggi.

Kemudian kita dapat mem-*follow up* pengamatan (atau pengamatan sampah dengan kecerlangan rendah). Hal ini bisa dilakukan dengan teleskop robotik lain, seperti dengan OZT-ALTS, ITERA Robotic Telescope (IRT), maupun Asteroid Survei Telescope ITERA (ASTI) yang masih dalam tahap pengembangan.



Sumber: Aditya Abdillah Yusuf (2023)

Gambar 3.14 Utopia III sedang digunakan untuk tracking satelit.

Pembentukan program Sky Patrol Indonesia melalui kegiatan aktif pengamatan yang ada di observatorium, penelitian keantariksaan antarperguruan tinggi, dan peran komunitas menjadi kebutuhan penting untuk menjaga kedaulatan langit di Indonesia, terutama dalam konteks pemantauan dan perlindungan lingkungan serta pendidikan publik. Secara bersama-sama untuk memantau dan mengawasi kondisi langit dan objek-objek luar angkasa, seperti asteroid, meteor, dan debris. Dengan adanya program Sky Patrol, Indonesia dapat mendeteksi potensi ancaman dari benda-benda langit yang mungkin berdampak pada Bumi sehingga dapat membantu upaya mitigasi dan perlindungan. Program Sky Patrol juga memungkinkan para ilmuwan dan astronom untuk mengumpulkan data sehingga dapat digunakan untuk memahami lebih dalam tentang kosmos, bintang, galaksi, dan

fenomena langit lainnya. Penelitian ini berkontribusi pada pengetahuan global mengenai alam semesta. Program Sky Patrol Indonesia juga dapat berperan dalam pendidikan publik dan peningkatan kesadaran tentang astronomi dan ilmu pengetahuan secara umum, dengan melibatkan masyarakat umum atau yang terlibat dalam sebuah komunitas melalui kegiatan pendidikan, seperti seminar dan *workshop*. Program tersebut dapat meningkatkan minat dan pemahaman tentang sains di kalangan masyarakat. Secara keseluruhan, program Sky Patrol Indonesia merupakan inisiatif yang tidak hanya mendukung kemajuan ilmiah dan teknis, tetapi juga memberikan manfaat luas bagi masyarakat dan kelestarian Bumi secara keseluruhan.

Daftar Pustaka

- Andrić, Ž., & Radić, N. (1996). All-sky camera with a concave mirror. *Applied optics*, 35(1), 149–153.
- Bettonvil, F. C. M. (2014). Remote and automatic small-scale observatories: experience with an all-sky fireball patrol camera. In *Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy V*, 9147, 1263–1271. SPIE.
- Bigdeli, M., Srivastava, R., & Scaraggi, M. (2023). Dynamics of space debris removal: A review. *arXiv preprint arXiv: 2304.05709*.
- Djamaluddin, T. (2021). *Berbagi Ilmu untuk Pencerahan dan Inspirasi*. Diakses pada 5 Juli 2024 dari <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2021/01/10/dokumentasi-benda-jatuh-antariksa-di-indonesia/>
- Elin Humas. (2016, 27 Desember). Rektor donasikan satu Unit teropong bintang. ITERA. <https://www.itera.ac.id/rektor-donasikan-satu-unit-teropong-bintang/>
- Jenniskens, P., Gural, P. S., Dynneson, L., Grigsby, B. J., Newman, K. E., Borden, M., Koop, M., & Holman, D. (2011). CAMS: Cameras for Allsky Meteor Surveillance to establish minor meteor showers. *Icarus*, 216(1), 40–61.
- Muztaba, R., Putri, A. N. I., Pratiwi, N., Putro, W. S., Birastri, W., & Malasan, H. L. (2018). Survei situs pembangunan Observatorium Astronomi Lampung di Tahura War, Gunung Betung. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) 7*, SNF2018-PA-27–35.
- Muztaba, R., Malasan, H. L., & Djamal, M. (2023). Deep learning for crescent detection and recognition: Implementation of Mask R-CNN

- to the observational Lunar dataset collected with the Robotic Lunar Telescope System. *Astronomy and Computing* 45, 100757.
- Muztaba, R., Yusuf, A. A., Oktaviandra, A., Wahidin, A. B., Malasan, H. L., Arifin, S., Hafizah, I., Kurniawan, M. R., Fauzan, Sevira, Q., Almahi, A., & Mahayu, M. P. (2024). Development of an All-sky Camera for The Indonesian Sky Patrol Network. *Journal of Physics: Conference Series* 2734(1), 012027. IOP Publishing. DOI 10.1088/1742-6596/2734/1/012027.
- Neflia, Ahmad, N., & Rohmah, F. (2022). Potential hazards analysis of the space debris over 10 cm in size based on their orbital parameters. *Journal of Physics: Conference Series* 2214(1), 012017, doi: 10.1088/1742-6596/2214/1/012017
- Schmalenbach, K. (2022). Convention on international liability for damage caused by space objects. In P. Gailhofer, D. Krebs, A. Proelss, K. Schmalenbach, & R. Verheyen (Ed.). *Corporate liability for transboundary environmental harm: An international and transnational perspective* (hlm. 523–536). Springer International Publishing.
- Susilo, D. R. (2020, 10 Agustus). KALA edukasi wisata astronomi, Wadah Pencinta Ilmu Astronomi di Lampung (R. Fitriani, Ed.). *TribunLampung*. Diakses 7 Juli 2024 dari https://lampung.tribunnews.com/2020/08/10/kala-edukasi-wisata-astronomi-wadah-pencinta-ilmu-astronomi-di-lampung#google_vignette.
- Yozkalach, K. (2023). Space debris as a threat to space sustainability. *Central European Review of Economics and Management (CEREM)*, 7(1), 63–75.