

**REALISASI PENGEMBANGAN KUBAH DAN SISTEM PENGAMATAN
MATAHARI DI PUSAT SAINS ANTARIKSA LAPAN**

**(REALIZATION OF DOME DEVELOPMENT AND SOLAR OBSERVATION
SYSTEM AT SPACE SCIENCE CENTER LAPAN)**

Farahhati Mumtahana¹, Heri Sutastio¹, Herli Mia Haqu¹, Al Khansa Rodhiyah²

¹Pusat Sains Antariksa, Lembaga Penerbangan dan Antariksa

²Program Studi Astronomi, Institut Teknologi Bandung

e-mail: farahhati.mumtahana@lapan.go.id

ABSTRAK

Riwayat Artikel:

Diterima:

3 Januari 2018

Direvisi:

6 April 2018

Disetujui:

28 September 2018

Diterbitkan:

19 Nopember 2018

Kata kunci:

kubah pengamatan,
aktivitas matahari,
sistem pengamatan

Untuk meningkatkan aktivitas kegiatan dan kualitas data pengamatan antariksa khususnya pengamatan matahari di Pusat Sains dan Antariksa LAPAN, perlu dilakukan optimalisasi sistem serta teknik pengamatan termasuk pengembangan kubah untuk pengamatan itu sendiri. Kegiatan ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya mengenai pengembangan pengamatan matahari pada panjang gelombang visual dan H-Alpha. Meskipun dihadapi berbagai kendala teknis, penelitian ini merupakan kegiatan jangka panjang yang hasilnya dapat dimanfaatkan baik untuk penelitian maupun diseminasi publik. Terlebih lagi hasil dari penelitian ini juga digunakan sebagai data pendukung kegiatan prediksi cuaca antariksa harian di LAPAN khususnya prediksi aktivitas matahari. Penulisan ini bertujuan untuk mengkaji pengembangan kubah pengamatan dan studi optimalisasi konfigurasi instrumen pengamatan serta teknik pengamatan dan pengolahan citra matahari fokus dalam panjang gelombang visual agar dapat menghasilkan data yang lebih berkualitas secara kontinyu. Pembangunan kubah baru hingga uji pengamatan awal telah dilaksanakan dan mendapatkan hasil konfigurasi baru yang menghasilkan citra matahari lebih baik.

ABSTRACT

Keywords:

observation dome,
solar activity,
observation system.

To support the observation activities and data quality especially solar observation in Space Science Center LAPAN, it is necessary to optimize the observation system and technique including observation dome development itself. This activity is a continuation of previous research on the development of solar observation at visual and H-alpha wavelength. Even though facing some technical constraints, this research is a long-term activity which the result can be applied for both research and public dissemination. Moreover, the observed data obtained is also used as supporting data of the daily space weather prediction in LAPAN especially the solar activity prediction. The aim of this paper is focused on examination of the observation

dome development and to study the configuration as well as specification on solar telescope in visual wavelength in order to achieve more qualified data continuously. The establishment of new dome until early observation tests have been carried out and have succeeded in obtaining new configuration result that produce better solar data.

1. PENDAHULUAN

Pusat Sains Antariksa (Pussainsa) LAPAN, sebagai pusat penelitian sains dengan ranah kajian di luar atmosfer Bumi, penting untuk meningkatkan fasilitas penunjang kegiatan pengamatan antariksa. Salah satunya adalah dengan memperbaharui dan mengoptimalkan sistem pengamatan mulai dari rumah teleskop atau kubah hingga sistem teleskop itu sendiri. Kubah di kantor pusat ini diperlukan untuk pengujian konfigurasi teleskop baru atau untuk uji teleskop ekspedisi. Selain itu, dengan adanya peningkatan fasilitas tersebut, para peneliti dapat lebih mudah dan sigap dalam menganggapi fenomena-fenomena astronomi terkini yang bersifat insidental seperti gerhana, transit planet atau satelit, dan peristiwa lain selama masih dapat diamati dari langit Bandung.

Terlebih lagi dengan program unggulan cuaca antariksa, pengamatan utama yang penting dilakukan adalah pengamatan aktivitas matahari yang tentunya membutuhkan kubah pengamatan karena dilakukan secara rutin. Meskipun konsep matahari secara intuitif bisa dimengerti, berbagai variabel aktivitas matahari masih banyak yang perlu diteliti (Usoskin, Ilya G., 2017), sehingga perlu dilakukan peningkatan sistem dan data pengamatan.

Kubah pertama yang dibangun di atas gedung Pussainsa LAPAN menggunakan sistem *sliding roof* atau atap geser. Berdasarkan catatan pengamatan/*logbook*, kubah tersebut dibangun pada tahun 2008. Teleskop yang dimiliki pertama kali di Pusat Sains Antariksa adalah teleskop Celestron NexStar. Hingga tahun 2017, kubah ini masih dimanfaatkan untuk pengamatan matahari. Namun, sistem kubah yang sudah ada tersebut masih kurang efisien terutama untuk penyimpanan instrumen teleskop dan detektor, juga terkait kenyamanan pengamat. Kajian mengenai pengadaan

kubah baru telah dilakukan pada tahun 2016 dan direalisasikan pada tahun 2017. Karena kegiatan pengamatan matahari juga membutuhkan uji konfigurasi, maka kubah tersebut digunakan sekaligus untuk pertama kali di pertengahan tahun 2017.

Seperti pada disiplin ilmu sains yang lain, instrumentasi telah berkembang cepat juga pada ilmu astronomi, sehingga data-data pengamatan tidak lagi bersifat subyektif dan lebih banyak pembandingnya (A.E.Roy et al, 1978). Seiring dengan berkembangnya teknik pengamatan tersebut, pengembangan konfigurasi pengamatan di Pussainsa terus dilakukan dari tahun 2014 hingga saat ini agar dapat menghasilkan data yang lebih berkualitas. Meskipun balai-balai LAPAN sudah melakukan pengamatan matahari, pengamatan *imaging visual* selama ini hanya dilakukan di Pussainsa LAPAN. Kegiatan ini juga dilakukan sebagai kelanjutan dari kegiatan penelitian sebelumnya (Mumtahana et al., 2015) yang mengganti teknik lama (*afocal*) dan teknik baru (*prime focus*). Penelitian ini merupakan kegiatan jangka panjang yang diharapkan hasilnya dapat diterapkan baik untuk penelitian, prediksi aktivitas matahari, maupun diseminasi publik. Data pengamatan lokal matahari semuanya digunakan sebagai data pendukung prediksi aktivitas matahari harian dalam kegiatan prediksi cuaca antariksa SWIFtS (*Space Weather Information and Forecast Services*). Hal itulah yang menjadi latar belakang dari penelitian mengenai uji konfigurasi teleskop serta realisasi kubah ini. Terdapat dua pokok tujuan dari penulisan ini, yaitu menjabarkan hasil studian realisasi pembangunan kubah baru di gedung Pussainsa LAPAN serta hasil uji konfigurasi sistem pengamatan baru yang mencakup uji teleskop, detektor hingga hasil data yang diperoleh. Adapun sistem optik dan

detektor yang digunakan adalah instrumen milik Pussainsa LAPAN yang dioptimalkan penggunaannya, terutama dalam kurun satu tahun tahun terakhir.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Kubah Pengamatan

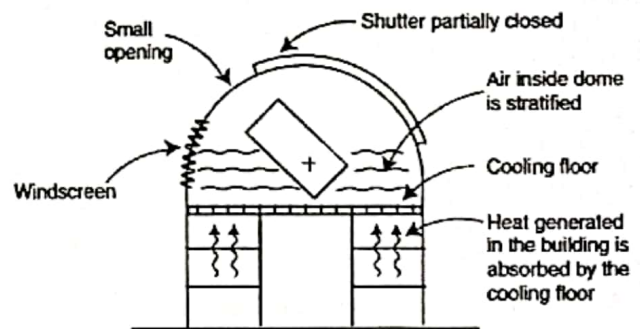
Dalam pemilihan rumah teleskop, diperlukan perhatian mengenai perlindungan yang diberikan saat siang hari dalam menolak panas matahari dan isolasi udara di dalam dari udara yang lebih hangat di luar (Bely, Piere, Y. 2003). Hal ini masih belum diaplikasikan dengan baik pada kubah lama. Terlebih lagi kubah untuk teleskop matahari, diperlukan ventilasi yang signifikan untuk menyeimbangkan suhu kubah dalam dan teleskop dengan udara luar seefisien mungkin untuk meminimalkan efek *seeing* (Uirenboreak, H. 2013). Meskipun performa kubah lama masih terbilang cukup baik, namun untuk jangka panjang dibutuhkan rumah teleskop yang lebih memenuhi syarat sebagai kubah terutama untuk pengamatan rutin.

Secara umum, ada tiga tipe rumah teleskop: kubah tradisional, *corotating enclosure*, dan ruangan terbuka (Gambar 2-1). Namun, untuk pengamatan Matahari menggunakan teleskop optik sangat tidak memungkinkan berada diruangan terbuka. Sehingga fokus pada pembahasan ini adalah kubah tradisional dan *corotating enclosure*. Kubah tradisional membutuhkan area yang lebih banyak dibandingkan *corotating enclosure*. Namun, kubah dapat mengurangi kecepatan angin di dalamnya. Selain itu, desain kubah dapat diputar dan independen dari teleskop. Dengan demikian, teleskop dapat dipindahkan pada siang hari untuk perawatan atau pemasangan tanpa perlu kubah tersebut diputar. Volume kubah tradisional yang besar dapat menyimpan udara dan vortisitas stagnan yang bisa terjadi kapan saja saat angin bertiup melalui celah sudut.

Gambar 2-1 Kubah tradisional (kiri), *corotating enclosure* (tengah), dan ruangan terbuka (kanan). (sumber: Bely, Piere, Y. 2003).

Jika dibandingkan dengankubah tradisional, *corotating enclosure* yang mempunyai ukuran minimalis dapat menghemat biaya. Namun, dengan bentuk seperti itu dapat meningkatkan kecepatan angin sekitar teleskop dan menyebabkan getaran struktural yang lebih tinggi. Sehingga lebih banyak keunggulan menggunakan kubah tradisional untuk rumah teleskop matahari. (Bely, Piere, Y. 2003).

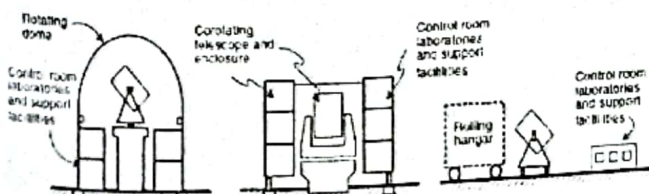
Kubah tradisional diterapkan pada teleskop besar pada tahun 1960-an dan 1970-an: upaya dilakukan untuk (1) mengisolasi bagian dalam kandang dari luar dengan menggunakan celah kecil dan kaca jendela dan (2) mengendalikan suhu dari kedua teleskop dan bagian dalam selungkup sehingga memperkecil beda suhu dengan udara luar di malam hari. Pengatur suhu ruang teleskop dan teleskop pada siang hari biasanya diperoleh dengan cara "*cooling floor*" diatur ke suhu malam hari (Gambar 2-2)



Gambar 2-2 Desain termal pada kubah tradisional (sumber: Bely, Piere, Y. 2003)

2.2 Instrumen Pengamatan

Berdasarkan sistem optiknya, teleskop dibagi menjadi dua jenis, yaitu teleskop refraktor yang menggunakan lensa dengan sifat mengumpulkan cahaya dan teleskop reflektor yang menggunakan cermin dengan sifat membiaskan cahaya (Flanders, 2010). Dalam pemilihan teleskop, diperlukan juga tujuan dari pengamatan tersebut. Misalkan dalam *imaging visual* matahari, diperlukan konfigurasi yang dapat menghasilkan citra yang *fulldisk* atau matahari penuh dengan



resolusi yang cukup untuk melihat aktivitas bintik matahari. Beberapa persamaan standar dapat digunakan dalam hal itu, yaitu:

a. FOV (*field of view*) atau medan pandang

Medan pandang adalah ukuran panjang dan lebar gambar yang dihasilkan kamera dalam satuan sudut. Medan pandang dalam rumusan 2-1 ini bersatuan detik busur (").

$$FoV(") = \frac{206265}{F} \times \text{ukuran pixel} \times \text{ukuran gambar} \dots\dots\dots(2-1)$$

b. Resolusi atau Sampling (S)

Sampling adalah resolusi bayangan yang dicitrakan pada detektor.

$$S(" / \text{ piksel}) = \frac{206265}{F} \times \text{ukuran pixel} \dots\dots(2-2)$$

c. Area

Dalam astronomi, FOV biasanya dinyatakan sebagai area sudut yang dilihat oleh instrumen dalam satuan derajat persegi, atau untuk instrumen pembesaran yang lebih tinggi, dalam menit busur persegi.

$$\text{Area}(sq^\circ) = \frac{FoV_x \times FoV_y}{60} \dots\dots (2-3)$$

Pada prinsipnya, semakin besar teleskop, citra yang ditangkap akan semakin baik dan detail (A.E.Roy et al, 1978). Namun, bukan berarti teleskop yang lebih kecil tidak akan menghasilkan data

yang baik, karena untuk memperoleh kualitas data yang baik dari pengamatan dengan teleskop sederhana, dibutuhkan pemilihan konfigurasi yang tepat antara sensor detektor dan lensa teleskop (Herdiwijaya, 2015). Teleskop dengan ukuran kecil memiliki kelebihan pada harga yang relatif lebih murah namun tetap dapat menghasilkan data saintifik (Ringwald et al, 2013). Sudah banyak penelitian sukses yang dilakukan dengan teleskop kecil. Sebagai contoh, pegamatan bintang ganda X-ray, WR, dan LBV dapat dilakukan dengan teleskop cassegrain 48cm (Beradze et al., 2017)

Dalam pengamatan landas Bumi, pemilihan spesifikasi teleskop tentunya juga mempertimbangkan adanya turbulensi atmosfer. Terutama pada pengamatan matahari, terdapat efek saat mengamati karena iradiasi oleh Matahari sendiri yang memanaskan tanah dan menyebabkan distorsi gambar. Selain itu, teleskop matahari perlu mengurangi efek fluks matahari yang tinggi ke jalur optik, cermin pemanas, dan elemen optik lainnya. Panas pada teleskop matahari dapat dicegah dengan 2 cara yaitu, teleskop dengan panjang fokus yang panjang (seperti DST dan McMath-Pierce yaitu f 72 dan 54) dan mengevakuasi tabung pusat teleskop (seperti DST) atau mengisi tabung dengan helium (seperti THEMIS). (Uirenboreak, H. 2013).

3. DATA DAN METODE

Dalam makalah ini, digunakan data-data hasil pengamatan sendiri. Untuk kajian kubah, selain menggunakan literature dan manual instrumentasi yang digunakan, *logbook* pengamatan - pengamatan sebelumnya juga menjadi bahan yang penting sebagai acuan.

201 → Teknik pengamatan lama /Afocal

201 → Ganti teknik prime focus, + studi pengamatan H α

Studi kubah → 2016

Metode pengamatan baru dst

Pemasangan kubah dan monopod → 2017

→ 2018 (Remote)

Gambar 3-1 Roadmap pengembangan pengamatan matahari di Pussainsa LAPAN

Uji konfigurasi pengamatan dengan berbagai instrumen dan detektor sudah dimulai dari tahun-tahun sebelumnya, seperti yang tertera pada roadmap Gambar 3-1. Dalam penelitian ini, digunakan dan dimanfaatkan seutuhnya peralatan yang berada di Pussainsa LAPAN yang sudah diseleksi spesifikasinya berdasar rumus sederhana teleskop yang tertera pada persamaan 2-1 hingga 2-3 pada landasan teori. Diperoleh tiga konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini. Konfigurasi 1 merupakan konfigurasi yang sudah dilakukan dari awal pengamatan, tahun 2008, konfigurasi 2 mulai dilakukan pada tahun 2014, sedangkan konfigurasi 3 merupakan konfigurasi baru hasil percobaan sebelumnya yang lebih banyak dibahas dalam makalah ini. Dari ketiga konfigurasi tersebut, masing-masing

diberikan filter matahari berbahan kaca/glass solar filter.

Tabel 3-1 Konfigurasi Teleskop yang diuji

Konfigurasi 1(cermin)	Celestron NexStar Multi Detektor
Konfigurasi 2(cermin)	Meade LX 90 Multi detektor
Konfigurasi 3(lensa)	Vixen ED103Swt Multi detektor

Dalam landasan teori, tertulis bahwa panas pada teleskop matahari dapat dicegah dengan beberapa cara, salah satunya menggunakan teleskop dengan panjang fokus yang Panjang(Uirenboeak, H. 2013). Dalam kondisi tertentu pada pengamatan matahari, sistem lensa lebih baik karena memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap panas dibanding teleskop cermin.

Tabel 3-2 Timeline pengujian peralatan dan pengamatan matahari.

Waktu	Instrumen	Kegiatan
27/07/2016	- Teleskop Celestron NexStar 6SE - Mounting Tripod Celestron Advanced GT - Canon 760D	Uji pengamatan konfigurasi 1
2/08/2016	- Teleskop Mounting Meade LX90 - Nikkon D5500	Uji pengamatan konfigurasi 2.
3/08/2016	- Teleskop Celestron NexStar 6SE - Mounting Tripod Celestron Advanced GT - Nikkon D5500	Uji pengamatan konfigurasi 1
31/10/2017	- Sitem kubah-monopod-mounting Vixen AXD - Teleskop Vixen ED103Swt	Uji kubah baru, Uji pengamatan konfigurasi 3
1/11/2017	- Sitem kubah-monopod-mounting Vixen AXD - Teleskop Vixen ED103Swt - Multi detektor	Uji konfigurasi 3 dan drift alignment
2/11/2017	- Teleskop Vixen ED103Swt - Mounting halfpilar Vixen AXD - Monopod kubah	Uji konfigurasi 3 dan drift alignment
14/11/2017	- Sitem kubah-monopod-mounting Vixen AXD - Multi detektor - Teleskop Lunt H-ALfa	Percobaan Lunt H Alfa
15/11/2017	- Sitem kubah-monopod-mounting Vixen AXD - Teleskop Lunt H-ALfa	Percobaan Lunt H Alfa
16/11/2017	- Sitem kubah-monopod-mounting Vixen AXD - Teleskop Vixen ED103Swt - Multi detektor	Pengamatan sunspot dengan konfigurasi 3.

Dengan mempertimbangkan hal-hal tersebut, digunakan juga teleskop lensa/refraktor dengan panjang fokus yang panjang, dan tentunya yang tersedia di Pussainsa LAPAN karena teleskop yang digunakan sebelumnya berjenis cermin/reflektor. Adapun jadwal pengujian beserta peralatan dan judul kegiatan tercantum pada Tabel 3-2.

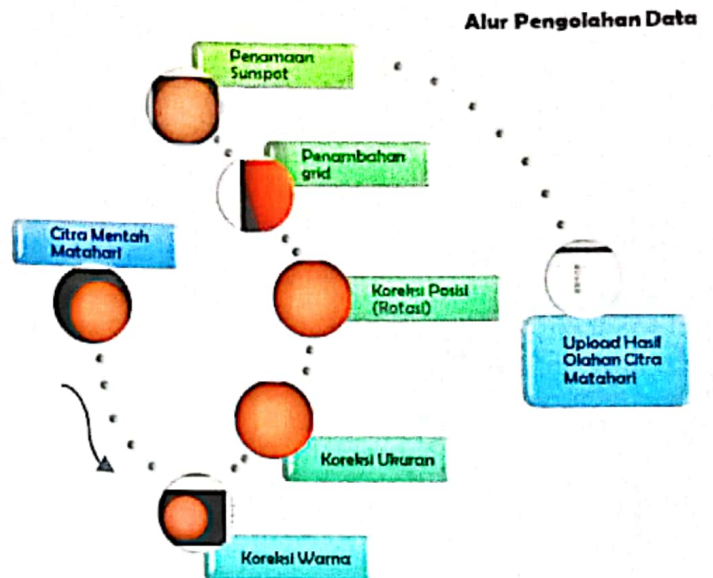
Tabel tersebut menjabarkan *timeline* pengembangan dan pencarian konfigurasi yang paling sesuai untuk pengamatan matahari. Dari *timeline* tersebut, dapat terlihat bahwa teleskop yang digunakan antara lain Celestron, Meade, dan Vixen. Kemudian setelah pemasangan kubah Nexdome, dilakukan uji pengamatan yang lebih intensif dengan konfigurasi 3. Dikarenakan cuaca yang tidak menentu, beberapa pengamatan yang tertulis hanya dapat dilakukan ketika langit cerah. Beberapa hari dengan cuaca mendung dan berawan tebal tidak dicantumkan dalam tabel tersebut. Pengujian lebih intens dilakukan setelah pembangunan bangunan kubah baru selesai. Adapun spesifikasi kubah yang digunakan dalam penelitian ini tercantum dalam tabel 3-3.

Tabel 3-3 Spesifikasi kubah pengamatan baru "NeoDome".

Spesifikasi Kubah NEXDOME	
Tinggi	92" (228.6cm)
Diameter	92" (233.7cm)
Ukuran Pintu:	PxL=44"x36"
Aperture Width	24" (61cm)
Open Past Zenith	14" (35.6cm)
Berat	250 lbs
Bahan	Extruded ABS with Solarkote ® UV Coating
Suhu	-60° to 120° F (-60° to 48° C)

Metode yang digunakan untuk pengolahan data matahari ditunjukkan pada gambar 3-2. Setelah memperoleh citra matahari, data disimpan dan diolah dalam beberapa tahapan dari koreksi gambar hingga penamaan bintik matahari, kemudian hasil akhirnya diunggah dalam basis data pengamatan Pussainsa LAPAN. Setelah proses dapat dilaksanakan dengan

baik, direncanakan juga otomasi sistem pengamatan dan pengolahan data. Otomasi teleskop ini penting dilakukan untuk untuk efektifitas dan penghematan biaya operasional. (Boyd, Lous J., et al, 1996) (Eaton,Joel A., et al, 2003).

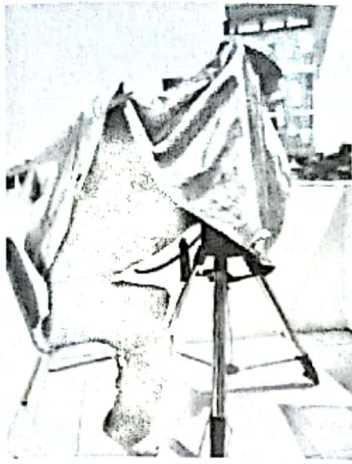


Gambar 3-2. Alur pengolahan data matahari.

4. PEMBAHASAN

4.1 Realisasi Kubah

Bangunan rumah teleskop lama di Pussainsa LAPAN dengan desain mirip *corotating enclosure* sejauh ini kurang efektif dan kurang memberikan kenyamanan baik bagi pengamat maupun instrumen di dalamnya. Bangunan lama yang sudah ada juga kurang memperhatikan kerapatan ruangan sehingga instrumen lebih mudah terpapar debu. Ketidaknyamanan bagi pengamat dapat terlihat pada gambar 4-1, dimana pengamat harus menggunakan penutup setiap kali melakukan pengambilan data karena tidak ada perlindungan dari paparan sinar matahari.

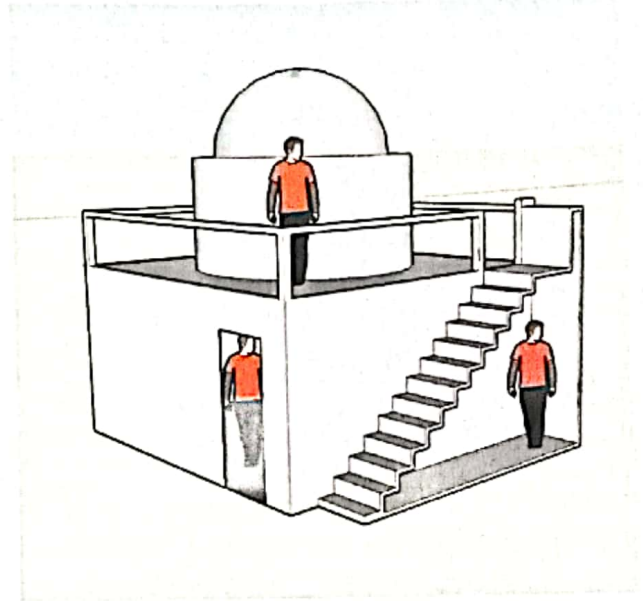


Gambar 4-1. Pengamatan matahari harian.

Kajian juga dilakukan dari *logbook* kegiatan pengamatan-pengamatan sebelumnya yang dilakukan oleh para peneliti. Beberapa kegiatan insidental yang pernah dilakukan di Pussainsa LAPAN antara lain pengamatan konjungsi planet Venus - Jupiter, pengamatan transit, satelit, fotografi analemma, pengamatan gerhana bulan, dan gerhana matahari sebagian. Sedangkan pengamatan rutin yang dilakukan adalah pengamatan matahari pada panjang gelombang visual dan percobaan panjang gelombang h-alfa. Berdasarkan catatan, beberapa kegiatan pengamatan insidental tidak dilakukan di dalam kubah pengamatan dengan salah satu alasannya adalah ketidakbebasan jarak pandang akibat terhalangi gedung.

Berdasarkan studi kubah sederhana dan fakta-fakta sebelumnya yang juga disesuaikan dengan efisiensi dan kebutuhan saat ini hingga mendatang, direncanakan pembangunan rumah teleskop bentuk tradisional atau dome. Hal ini dikarenakan bentuk seperti itu merupakan desain yang cukup efektif dan nyaman untuk pengamatan-pengamatan sederhana. Kemudian dibuat desain

bangunan yang terdiri atas bangunan penyimpanan peralatan beserta bentuk kubah baru oleh tim penulis yang kemudian disempurnakan oleh Tim Imah Noong (Gambar 4-2). Kajian dan usulan pengadaan dilakukan pada tahun 2016.



Gambar 4-2. Desain bangunan kubah pengamatan baru di atas gedung Pussainsa LAPAN. (Sumber: Tim Imah Noong)

Pada desain tersebut, kubah sengaja diletakkan di atas dak agar tidak terlalu terhalang oleh bangunan-bangunan tinggi di sekitar. Bentuk dan bahan kubah ini juga tentunya disesuaikan dengan anggaran yang tersedia. Realisasi kubah di Pussainsa LAPAN akhirnya terlaksana baru pada tahun 2017 dengan bentuk seperti pada gambar 4-3.



Gambar 4-3. Kubah pengamatan baru yang terdiri atas ruang penyimpanan dan domedi atas gedung Pussainsa LAPAN.

Dengan dibangunnya kubah baru, pengamatan dapat dilakukan lebih efektif dan nyaman bagi pengamat sehingga uji coba peralatan dapat dilakukan lebih maksimal. Hal pertama yang dilakukan setelah pemasangan kubah ini adalah pemasanganudukan teleskop pada monopod yang diletakan dalam kubah. Dudukan ini dirancang secara universal sehingga nantinya teleskop yang dipasang dapat diganti-ganti dan disesuaikan dengan kebutuhan pengamatan.

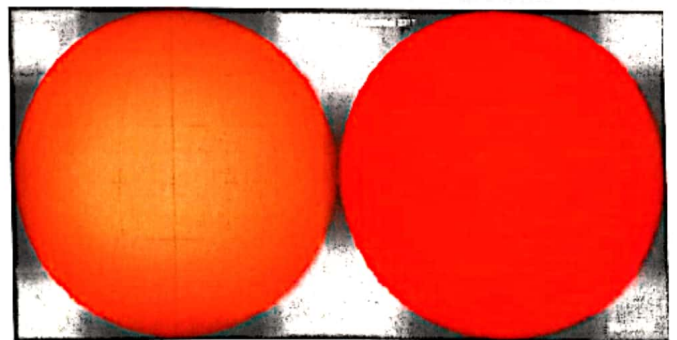
4.2 Teleskop Patroli Matahari

Dalam pengamatan cahaya tampak matahari di Pussainsa LAPAN, diperlukan medan pandang teleskop yang cukup luas agar dapat memperoleh citra matahari *fulldisk* dengan resolusi yang cukup baik. Hal ini diperlukan untuk menampilkan seluruh permukaan matahari hingga ujung tepi, khususnya jika ada aktivitas seperti bintik matahari. Data *fulldisk* inilah yang kemudian digunakan untuk prediksi aktivitas matahari, di samping data *sunspot sketch* yang dilakukan oleh balai-balai pengamatan matahari LAPAN.

Tabel 4-1 Perbandingan hasil perhitungan medan pandang, resolusi, dan area dari tiga teleskop.

Teleskop	FOV	Resolusi "/pixel	Area sq°
Meade LX90	32.34 x 21.3	0.32	0.19
Celestron NexStar	34 x 22.7	0.34	0.21
Vixen ED103Swf	41 x 27.3	0.41	0.31

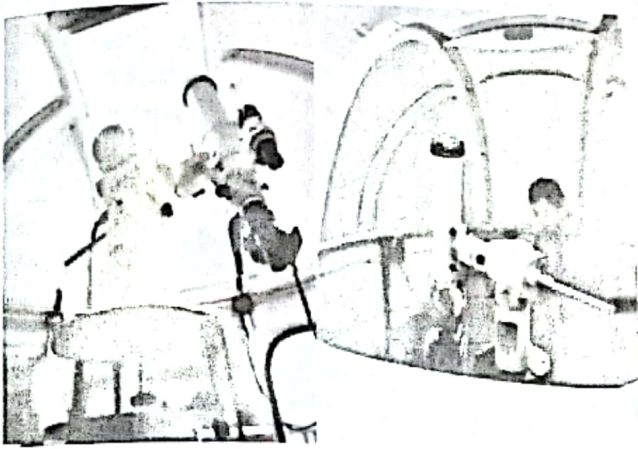
Dari hasil perhitungan yang diperoleh menggunakan data panjang fokus dan diameter dari tiga teleskop, terlihat dalam tabel 4-1, teleskop Meade mempunyai medan pandang yang lebih sempit namun resolusinya juga lebih kecil, hampir sama dengan Celestron. Sedangkan teleskop Vixen mempunyai medan pandang yang cukup besar namun resolusinya juga cukup baik. Meskipun sudah terlihat bahwa Vixen lebih unggul, ketiga teleskop tersebut tetap diuji sesuai *timeline* yang telah dijabarkan pada bagian sebelumnya. Sayangnya, pada periode pengujian, kemunculan bintik matahari tergolong sepi sehingga kurang efektif untuk menguji apakah konfigurasi yang digunakan dapat memperlihatkan bintik secara tajam.



Gambar 4-4. Perbandingan citra matahari dari teleskop Meade (kiri) dan Vixen (kanan) tanggal 17 November 2017.

Seperti yang terlihat pada gambar 4-4, diperoleh bahwa pengamatan dengan vixen memang memiliki hasil yang lebih baik. Pada kedua citra tersebut, tampak bahwa teleskop vixen mampu menghasilkan citra *fulldisk* dengan komposisi warna yang merata, sedangkan hasil citra meade masih

kurang baik karena sangat terlihat penggelapan tepi. Kekurangan dari teleskop meade dalam pengamatan matahari ini juga karena medan pandangannya terlalu sempit sehingga membutuhkan *focal reducer* setiap kali melakukan pengamatan.



Gambar 4-5. Konfigurasi Teleskop-detektor (kiri) dan suasana pengamatan (kanan).

Dengan hasil data terbaik yang dihasilkan oleh konfigurasi Vixen, teleskop Vixen ED103SwT tersebut kemudian dipasangkan ke monopod kubah pengamatan untuk pengujian lebih lanjut dengan beberapa detektor seperti kamera DSLR, ZWO, dan lain-lain. Konfigurasi seperti yang terlihat pada Gambar 4-5 tersebut menghasilkan data yang terbaik dibanding dua konfigurasi lainnya. Dapat terlihat juga pada gambar tersebut, pengamatan dalam kubah baru juga akan memberikan kenyamanan dan keefisienan dalam pengambilan data, dibandingkan dalam kubah lama.

Dari beberapa detektor yang digunakan, citra *full disk* dengan resolusi yang paling baik dihasilkan dari konfigurasi Teleskop vixen ED103SwT, Halfpillar-mounting Vixen AXD, dan detektor DSLR Nikon D5500, yang kemudian dijadikan sebagai kamera pengamatan harian cahaya tampak matahari.



Gambar 4-6. Perbandingan citra sunspot matahari dari solarmonitor (kiri) dan teleskop Vixen (kanan) pada tanggal 17 November 2017.

Gambar 4-6 merupakan perbandingan data matahari menggunakan satelit yang diambil dari solarmonitor.org dan hasil olahan data pengamatan matahari menggunakan konfigurasi pada gambar 4-5. Pada tanggal 17 November, terdapat sebuah daerah aktif NOAA 12687 dengan luas area 90 millionths, kelas magnetic beta, dan kelas McIntosh Cao, yang terletak di bagian tenggara matahari. Meskipun tidak terlalu luas dan kompleks, daerah aktif tersebut dapat tertangkap dengan baik pada konfigurasi baru yang diperoleh dari hasil penulisan ini.

5. IMPLEMENTASI

Hasil dari kegiatan penelitian ini dapat digunakan sebagai basis data antariksa dan sebagai data pendukung kegiatan prediksi aktivitas matahari di Pussainsa LAPAN.

6. KESIMPULAN

Meskipun masih dalam tahap uji coba untuk menghasilkan data secara kontinyu, kubah pengamatan dan konfigurasi baru tersebut dapat berfungsi dengan baik dalam pengamatan fenomena astronomi, khususnya *visual imaging* matahari. Dari beberapa teleskop dan detektor di Pussainsa LAPAN yang diuji, hasil data terbaik dihasilkan dari konfigurasi terakhir (baru) yaitu Vixen ED103SwT dengan Detektor Nikon D5500 yang selanjutnya akan didedikasikan dalam pengamatan rutin matahari dalam cahaya tampak. Hal ini dapat terlihat dari perbandingan hasil citra khususnya bintik matahari yang dapat disandingkan dengan data dari satelit. Sesuai dengan *roadmap* yang telah dibuat pada bagian Metode, penelitian ini masih berlanjut dan dapat dikembangkan lagi, misalnya ditingkatnya menjadi *remote telescope* jika pengamatan dan data yang diperoleh sudah konsisten.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diucapkan untuk tim Imah Noong yang telah membantu proses pengadaan kubah dan peralatan.

DAFTAR RUJUKAN

- A.E. Roy, D. Clarke (1978). *Astronomy: Principle and Practice*. Adam Higler Ltd, Bristol.
- Bely, Piere, Y. (2003). *The Design and Construction of Large Optical Telescopes*. Springer, USA
- Berazde, Sopia; Kochiashvili, Nino. (2017). Observations of Bright Massive Stars Using Small Size Telescope. *Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Vol. 329, 385-385*. doi: 10.1017/S1743921317002526
- Boyd, Louis J. and Russel M. Genet, Douglas Hall. (1996) *Automated Telescopes Large and Small*. Astronomical Society of The Pacific. 96.618-612
- Eaton, Joel A. Gregory W. Henry, and Francis C. Fekel. (2003). *Advantages of Automated Observing with Small Telescopes*. *Astrophysics and Space Science Library*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2003. Vol. 288p.189. doi:10.1007/978-94-010-0253-0_38
- F. A. Ringwald, J. M. Culver, R. L. Lovell, S. A. Kays, Y. V. A. Torres. (2013). *The Research Productivity of Small Telescopes and Space Telescopes*. *Astrophysics (astro-ph) cite as arXiv:astro-ph/0309772*
- Flanders, Tony. (2010). *Visual Observing: What to Know*. Sky and Telescope, 2010, 22-29.
- Herdiwijaya, D. (2015). The Small Telescopes Performance in the Visual to Near Infrared Wavelengths. *Applied Mathematics and Materials Vol. 771, 129-132*. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.771.129
- Mumtahana, F., Sutastio, H., & Rahayu, D. (2015). Pengembangan Sistem Pemantauan Aktivitas Matahari Sebagai Pendukung Program Prediksi Cuaca Antariksa di Pusat Sains Antariksa LAPAN. *Prosiding Workshop Cuaca Antariksa dan Peluang Pemanfaatannya-III*.
- Uirenboreak, H. (2013). *Eyes on the Sun: Solar Instrumentation*. ASP Conference Series, Vol. 470, 83
- Usoskin, Ilya G. (2017). A History of solar activity over millennia. *Living Rev. Sol. Phys.* (2017) 14:3. of <https://doi.org/10.12942/lrsp-2013-1>