

DESAIN SISTEM PENGAMATAN SABIT BULAN DI SIANG HARI

Adi Damanhuri

Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha 10, Bandung, Jawa Barat 40132
adidamanhuri@gmail.com

ABSTRAK

Astronomi sebagai ilmu yang tertua di muka Bumi, telah berperan sangat besar bagi kehidupan manusia. Khususnya di Indonesia yang mayoritasnya adalah muslim, peran astronomi yang nyata adalah kontribusi dalam penentuan waktu-waktu ibadah, arah kiblat dan penentuan bulan baru hijriyah. Khusus dalam penentuan bulan baru hijriyah, dilakukan dengan mengamati Bulan muda atau sabit Bulan, dan bangsa Indonesia telah melakukan sejak lama. Kini dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, pengamatan sabit Bulan tidak lagi dilakukan dengan mata telanjang, tetapi juga sudah menggunakan teleskop bahkan telah menggunakan detektor dan perangkat lunak untuk mengolah citra yang di dapat. Umumnya pengamatan sabit Bulan yang dilakukan di Indonesia menggunakan sistem *mobile* atau *portable*. Dengan sistem ini, terdapat beberapa kelemahan diantaranya waktu untuk perakitan perangkat pengamatan yang tidak sebentar. Penulis mencoba membuat sebuah sistem pengamatan sabit Bulan dengan sistem kontrol gerak menggunakan perangkat lunak yang tersedia gratis di internet. Pengamatan dilengkapi dengan penunjang pengamatan berupa rumah teleskop yang di desain khusus untuk pengamatan sabit Bulan di siang hari. Demikian pula selongsong penghalang (*baffle*) dibuat untuk meningkatkan kontras dan mengurangi hamburan cahaya yang masuk ke teleskop. Hasil uji coba pengaruh penggunaan *baffle* menunjukkan peningkatan kontras sebesar 13 %. Desain rumah teleskop dan manual penggunaan sistem pengamatan sabit Bulan akan dapat diakses oleh masyarakat.

Kata kunci : sabit Bulan , rumah teleskop, *baffle*, sistem pengamatan.

ABSTRACT

Astronomy as the oldest science in the world, has a big role for a humans life. Especially in Indonesia where the majority is moslems, the real astronomy's role are the contribution in the determining of prayer time, qiblah direction and determining the new month in hijriyah. Especially for determining the month in hijriyah, the research done by observed the young moon crescent, and Indoensia has done it since a long time ago. Now, by advancement of science and technology, the moon crescent observation is no longer done with the eyes, but it has used the telescope even has used detector and the softwrae to process image gotten.

Generally, the Moon crescent observation which is done in Indonesia uses mobile system or portable. With this system, there are some weakness, one of them is assembling the observation device takes a long time. The writer tries to make a Moon crescent observation with movement control system by using free software from internet. The observation is completed by observation supporting that is observatory designed especially for the daylight Moon crescent observation. In addition, the baffle made for increase the contrast and decrease the raylight in telescope. The test result of effect using baffle slowed contrast increasing about 13 %. The observatory design and manual of using the Moon crescent observation will be accessible by the public.

Keywords : Moon Crescent , Home Observatory, *baffle*, Observatory System.

PENDAHULUAN

Manfaat astronomi sebenarnya begitu banyak bagi masyarakat Indonesia yang merupakan mayoritas muslim. Penerapan prinsip-prinsip astronomi dalam kehidupan masyarakat seperti penentuan waktu-waktu sholat, arah kiblat menggunakan posisi Matahari serta penetapan bulan-bulan hijriyah melalui sidang *Itsbat* kementerian Agama Republik Indonesia. Prinsip-prinsip astronomi yang diterapkan dalam proses penentuan sidang *itsbat* misalnya, berupa ; konsep waktu, konsep sistem Matahari-Bumi-Bulan, komputasi, simulasi orbit Bulan, prosedur dan sistem pengamatan sabit Bulan (*moon crescent*), dan instrumentasi pengamatan. Peralatan pengamatan dalam astronomi saat ini telah berkembang begitu pesat, didukung oleh kemajuan teknologi dan informasi sehingga membuat penemuan-penemuan terbaru di bidang ilmu pengetahuan secara umum dan astronomi khususnya begitu cepat. Termasuk perkembangan peralatan-peralatan astronomi seperti detektor, teleskop bahkan hingga perangkat lunak yang digunakan dalam astronomi. Tidak hanya perkembangan peralatan astronomi, sistem pengamatan juga mengalami perkembangan dan pemutakhiran. Dari sistem manual hingga sistem yang terintegrasi dalam sebuah komputer atau laptop.

Proses *imaging* (pencitraan) astronomi yang merupakan proses akuisisi citra secara *real-time* merupakan salah satu perkembangan yang cukup menggembirakan. Melihat kemajuan perangkat-perangkat yang digunakan berupa detektor CCD, perangkat lunak pengolah citra, dan rumah teleskop, kini semuanya bisa diterapkan dalam pengamatan astronomi, juga termasuk untuk pengamatan sabit Bulan dengan biaya seminimal mungkin. Pengamatan sabit Bulan dekat Matahari di ufuk barat setelah Matahari terbenam merupakan faktor sangat menentukan untuk penentuan awal bulan Hijriyah, akan tetapi di sisi lain visibilitas Bulan sangat sensitif terhadap kondisi atmosfer dan kecerlangan langit latar depan seperti awan dan cahaya latar belakang yang dapat mengaburkan, untuk mengatasi itu maka penggunaan teleskop tidak dapat dielakkan (Herdiwijaya, dkk. 2010). Pengamatan sabit Bulan kini tidak lagi terfokus ketika atau setelah Matahari terbenam, namun juga dilakukan waktu pagi, siang atau sore hari

atau disebut *daylight observation*. Mengingat profil panjang gelombang latar belakang langit dan sabit Bulan, maka untuk pengamatan sabit Bulan diperlukan penyempitan panjang gelombang cahaya yang masuk teleskop dan detektor, yaitu dengan menggunakan filter.

Problema hamburan cahaya yang sangat kuat saat pengamatan siang hari, maka diperlukan beberapa upaya untuk mengurangi intensitas cahaya tersebut. Tujuannya adalah agar kontras sabit Bulan dapat meningkat, selain kemudahan dan kenyamanan bagi pengamat. Penggunaan teleskop untuk pengamatan sabit Bulan di siang hari, makin sempurna dengan ditempatkan sistem teleskop, detektor dan komputer (akuisisi data) dalam rumah teleskop yang di rancang khusus untuk keperluan pengamatan tersebut. Upaya lain untuk mengurangi fluks cahaya yang masuk ke teleskop dari berbagai arah, maka ditambahkan dengan penghalang cahaya Matahari berupa selongsong penghalang atau *baffle*, agar dapat mengurangi hamburan cahaya dan dapat meningkatkan kontras cahaya sabit Bulan.

Pengamatan sabit Bulan selalu menjadi tantangan, apalagi dilakukan pada siang hari. Pengembangan sistem pengamatan sabit Bulan di siang hari beserta rumah teleskop masih jarang dilakukan dan diterapkan khususnya di Indonesia, karena pengamatan sabit Bulan biasanya dilakukan menggunakan *mobile observatory* atau teleskop portabel dan umumnya dilakukan saat Matahari terbenam. Menurut Herdiwijaya, dkk (2010), berdasarkan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi maka pengamatan sabit Bulan dapat dilakukan pada siang hari (*daylight observation*). Seperti data di www.icoproject.org yang sudah mulai menunjukkan keberhasilan, pengembangan sistem pengamatan sabit Bulan di siang hari beserta rumah teleskop juga memungkinkan dapat digunakan untuk pengamatan sabit Bulan saat Matahari terbenam dengan ketentuan pemilihan lokasi penempatan rumah teleskop yang disesuaikan. Selain itu sumber daya manusia dalam melakukan pengamatan sabit Bulan khususnya di Indonesia masih sangat butuh ditingkatkan dalam kemampuan prosedur dan teknik pengamatan, maka penulis membuat buku petunjuk pengamatan sabit Bulan di siang hari yang dapat membantu para pengamat dan dapat diperoleh secara gratis melalui halaman website.

Sejarah Pengamatan Sabit Bulan

Pengamatan sabit Bulan khususnya bagi masyarakat muslim sangat erat kaitannya dengan penentuan bulan dalam kalender Islam atau *Islamic Calendar*. Dalam sejarah, sabit Bulan telah menjadi obyek pengamatan sejak zaman Babilonia Baru tepatnya antara tahun 5658 SM hingga 74 SM untuk keperluan penanggalan mereka (Dodgett, 1994., Schaefer, 1994., Odeh, 2006., Sudiby, 2011., Utama, 2013). Dalam perkembangan sejarah Islam yang dimulai pada abad ke-6, dengan penelitian hampir 700 tahun yang menghasilkan data pengamatan, tepatnya pada abad ke-13 data pengamatan tersebut dijadikan bahan untuk menyusun sistem kalender, dan pada beberapa masyarakat muslim digunakan untuk menyusun perkiraan waktu konjungsi atau menjadi petunjuk pelaksanaan pengamatan sabit Bulan (Ilyas, 1994).

Secara ilmiah, pengamatan sejak zaman Babilonia digunakan untuk memprediksi kemungkinan penampakan sabit Bulan. Berdasarkan data pengamatan yang sangat teliti, maka dikembangkan kriteria sederhana kenampakan (visibilitas) tersebut oleh masyarakat muslim yang meneruskan apa yang telah dikembangkan oleh masyarakat Hindu. Beberapa perbaikan telah dilakukan oleh para astronom muslim pada abad ke-8 hingga abad ke-10, diantaranya oleh Habash dan al Battani. Selain sebagai penentu masuknya bulan baru bagi masyarakat muslim dalam kalender Islam (kalender *Hijriyah*), juga menjadi ajang kompetisi bagi astronom dalam keberhasilan mengamati sabit Bulan termuda (Dodgett dkk., 1994). Keberhasilan dalam mengamati sabit Bulan sangat dipengaruhi oleh kondisi atmosfer dan cuaca (Herdiwijaya dkk. 2010).

Perkembangan pengamatan sabit Bulan dewasa ini juga dimaksudkan untuk penyusunan data visibilitas sabit Bulan seperti yang dilakukan oleh Muhammad Shawkat Odeh untuk menyusun kriteria baru visibilitas sabit Bulan (Odeh, 2006) dengan menggunakan 294 data dari Schaefer, 6 data dari Jim Stamm, 42 data dari SAAO, 15 data dari Mohsen Mirsaheed, 57 data dari Alireza Mehrani dan 323 data dari ICOP. Visibilitas sabit Bulan lokal, regional maupun global merupakan penentu kalender *Hijriyah* (Ilyas, 1994). Sejak 1998 *The Islamic Crescent Observation Project* (ICOP) yang merupakan proyek global kerjasama antara *Arab Union for Astronomy and Space*

Sciences (AUASS) dan *Jordanian Astronomical Society* (JAS) melakukan pengamatan sabit Bulan di beberapa negara di seluruh dunia (Odeh, 1994). Pada database ICOP juga tertera contoh sukses pengamatan sabit di siang hari seperti yang dilakukan oleh Martin Elsasser dari Jerman dengan *elongasi* toposentris 4.585 derajat yang diamati pada tanggal 5 Mei 2008 di Munich Jerman dan Thiery Legault dari Perancis, bahkan untuk rekor dunia pengamatan sabit Bulan di siang hari masih dipegang oleh Thiery Legault dengan *elongasi* toposentris 4.554 derajat yang diamati pada tanggal 14 April 2010 di Montfaucon Perancis.

Sejarah pengamatan sabit Bulan di Indonesia beriringan dengan masuknya Islam di Indonesia (Izzan & Syaifulloh, 2013). Bahkan perkembangan pengamatan sabit Bulan juga digeneralisir dengan perkembangan ilmu falak (*Astronomical Practice*) yang merupakan perpaduan antara komputasi (*hisab*) dan pengamatan (*rukyat*). Kini pengamatan sabit Bulan di Indonesia dilakukan oleh beberapa pihak, diantaranya Kementerian Agama, Badan atau lembaga pemerintah, organisasi massa, perguruan tinggi dan para ahli. Pada tahun 2007, diawali dari kunjungan Menteri Komunikasi dan Informasi (Menkominfo) ke Observatorium Bosscha, beliau berinisiatif untuk menyusun sebuah sistem pengamatan sabit Bulan yang dapat dilihat oleh masyarakat, dengan konsep sederhana yaitu memanfaatkan teknologi informasi bagi pembelajaran pengamatan sabit Bulan, menggunakan metodologi *astronomy proper* (observasi dan komputasi) dan menggunakan peralatan yang sederhana (Hidayat, 2009), Konsorsium pengamatan sabit Bulan juga dilakukan oleh jejaring titik observasi Rukyatul Hilal Indonesia (RHI) yang menghasilkan 174 data visibilitas yang terdiri dari 107 visibilitas positif dan 67 visibilitas negatif (Sudiby dkk., 2009).

Pengamatan sabit Bulan lebih terfokus pada penentuan awal bulan Hijriyah seperti Ramadhan, Syawal dan Dzulhijjah. Seiring dengan kesadaran akan pentingnya pengamatan sabit Bulan, penggunaan teknologi juga semakin cepat diaplikasikan dalam observasi/pengamatan sabit Bulan (Herdiwijaya dkk, 2009). Pengamatan sabit Bulan yang dekat dengan Matahari sangat dipengaruhi oleh kondisi atmosfer, dan dengan teknologi pengamatan sabit Bulan dapat dilakukan pada

siang hari tanpa harus menunggu saat Matahari tenggelam dengan menggunakan teleskop dan instrumen penunjang lainnya (Herdiwijaya dkk., 2010). Kini pengamatan yang dilakukan oleh beberapa pihak di Indonesia seperti Observatorium Bosscha, Universitas Pendidikan Indonesia, CASA Assalam, dan para ahli astronom amatir perseorangan seperti Joko Prasetyo di Kudus, Hendro Setyanto dengan Imah Noong, hingga masyarakat yang tergabung dalam kegiatan astrofotografi yang digagas oleh Agus Mustofa telah menggunakan kolektor, analisator dan detektor yang terkini.

Teknik Pengamatan

Seperti yang disebutkan dalam laman ICOP, data hasil pengamatan sabit Bulan didapat bersumber dengan mata telanjang dan menggunakan alat bantuan optik, hingga menggunakan detektor CCD serta perangkat lunak pengolah citra, maupun penggunaan sistem observasi *portable* atau *mobile*. Begitu juga di Indonesia, pengamatan dilakukan berbagai cara, dari yang hanya menggunakan mata, atau menggunakan alat bantu optik hingga menggunakan perangkat lunak pengolah citra dan tidak dilakukan oleh observatorium yang dirancang khusus untuk melakukan pengamatan sabit Bulan. Kondisi ini tentu menjadi catatan tersendiri, mengingat ada banyak kekurangan jika pengamatan sabit Bulan dilakukan secara portabel. Kelemahan tersebut diantaranya pertama, membutuhkan waktu lebih banyak untuk mempersiapkan instrumen pengamatan sabit Bulan.

Kedua, penentuan lokasi pengamatan yang bisa jadi berubah sesuai kondisi terkini, dan kondisi lingkungan pengamatan yang kurang mendukung pengamatan. Maka penempatan peralatan pengamatan pada rumah teleskop menjadi langkah efektif yang harus dilakukan agar pengamatan sabit Bulan lebih optimal. Berbagai bentuk konstruksi dan model rumah teleskop telah banyak digunakan, sehingga harus dipilih model rumah teleskop yang sesuai untuk pengamatan di siang hari.

Waktu Pengamatan

Pengamatan sabit Bulan selain sebagai ajang kompetisi, dalam masyarakat Islam, umumnya dilakukan untuk menentukan datangnya bulan baru dalam kalender Islam. Sedangkan di Indonesia, menurut Kementerian Agama Republik Indonesia pengamatan untuk

penentuan bulan baru *Hijriyah* seperti Ramadhan, Syawal dan Dzulhijjah harus dilakukan dan dibedakan dengan bulan-bulan lainnya. Pertimbangannya pada bulan tersebut terdapat jadwal ibadah yang mendapat perhatian khusus yaitu puasa di bulan Ramadhan, hari raya idul fitri di bulan Syawal dan ibadah haji di bulan Dzulhijjah (Utama & Siregar, 2013). Selain itu, pengamatan sabit Bulan dilakukan saat Matahari terbenam di horizon Barat (Dodgett, Shaefer 1994) termasuk di Indonesia, yang mengharuskan lokasi pengamatan memiliki medan pandang ke arah horizon Barat yang tidak memiliki hambatan, yaitu seperti tepian pantai atau perbukitan di dekat pantai yang menghadap ke arah Barat. Dalam konteks ilmiah dan berbasis teknologi, pengamatan sabit Bulan tidak lagi menunggu saat Matahari terbenam akan tetapi dapat dilakukan pada siang hari (Herdiwijaya dkk. 2010). Pengamatan sabit Bulan di siang hari tidak mengharuskan penempatan lokasi yang memiliki medan pandang horizon Barat yang tidak terhalang.

Instrumen Pengamatan

Pengamatan sabit Bulan saat ini tidak mungkin dilakukan tanpa menggunakan teleskop (Herdiwijaya dkk., 2010), maka pengamatan sabit Bulan terlebih dilakukan pada siang hari harus menggunakan teleskop. Instrumen untuk pengamatan sabit Bulan secara umum mencakup kolektor, analisator dan detektor. Secara detail peralatan yang digunakan seperti dudukan (*mounting*), tripod/monopod, *Optical Tube Assembly* (OTA), selongsong penghalang (*baffle*), rumah teleskop, komputer atau laptop. Selain itu juga dibutuhkan perangkat lunak untuk kontrol teleskop dan pengolahan gambar secara *real-time* dalam sistem pengamatan sabit Bulan. Khusus untuk perangkat lunak yang digunakan penulis menerapkan konsep sederhana dan *low cost* atau gratis tersedia di internet. Instrumen yang penulis hadirkan juga harus memperhatikan karakteristik pengamatan sabit Bulan yang dilakukan pada siang hari.

Rumah Teleskop

Rumah teleskop atau dalam astronomi dikenal dengan observatorium merupakan tempat penyimpanan instrumen pengamatan dan tempat melakukan pengamatan astronomi. Observatorium dalam astronomi adalah tempat

yang dibuat untuk mengamati fenomena luar angkasa (Arditti, 2007). Dari segi konstruksi, ada beberapa macam tipe observatorium, yaitu : *dome* (kubah), dan *roll-roof* (atap geser). Sedangkan dari segi konsep, menurut Arditti (2007) tipenya dibagi menjadi :

- a) *a fully-portable setup* yaitu observatorium yang benar-benar *portable*,
- b) *removable telescope with a fixed mounting* yaitu observatorium yang dudukannya sudah tetap namun teleskopnya dapat dipindahkan,
- c) *run-off sheds* atau sering juga disebut *roll-off observatory* yaitu observatorium dengan dudukan dan teleskop sudah permanen dan penutupnya dapat digeser atau dibuka,
- d) *run-of roof observatories* yaitu observatorium yang hampir sama dengan *roll-off observatory* namun dindingnya sudah permanen tetapi atapnya dapat digeser atau dibuka,
- e) *domed observatories* yaitu observatorium dengan atap berbentuk kubah dan dapat diputar, sedangkan dindingnya permanen dan biasanya dindingnya berupa lingkaran akan tetapi bisa juga berbentuk silinder atau segi delapan atau segi lainnya,
- f) *totally-rotating observatories* yaitu observatorium dengan lantai yang permanen sedangkan dinding dan atap dapat diputar,
- g) *novel designs* yaitu observatorium yang atapnya berbentuk kubah namun dapat membuka seperti kelopak mata dan dapat digeser atau diputar.

Rumah teleskop yang didesain khusus untuk pengamatan sabit Bulan di siang hari juga dapat memberikan kebutuhan atau kelebihan lain, seperti keamanan perlengkapan, kemudahan *setting* perlengkapan, mengurangi resiko kerusakan instrumen dikarenakan penggunaan yang *portable* dan paparan panas Matahari, serta operasi instrumen yang dapat bekerja dalam waktu yang lama. Selain itu, pengamatan sabit Bulan di siang hari juga akan mengalami hambatan lain yaitu angin dan panas yang akan menerpa teleskop, maka dengan desain khusus ada beberapa bagian dari rumah teleskop yang juga berfungsi sebagai penghalang angin agar teleskop tidak terganggu karena adanya guncangan akibat tertempa angin.

Teleskop

Fungsi teleskop adalah sebagai kolektor sumber cahaya dari objek yang diamati, pemilihan spesifikasi teleskop juga ditentukan konfigurasi terhadap detektor untuk mendapatkan medan pandang yang baik terhadap objek yang diamati. Untuk pengamatan Bulan, teleskop yang digunakan adalah teleskop dengan diameter lensa (*aperture*) antara 60 mm atau 70 mm dan panjang fokus yang pendek antara 400-800 mm (Buick, 2006). Teleskop diameter lebih besar dapat digunakan, asalkan panjang fokusnya pendek atau *f-ratio* kecil. Teleskop yang digunakan untuk pengamatan sabit Bulan di siang hari harus dapat mencakup bagian Bulan yang utuh terhadap medan pandang yang dihasilkan antara teleskop dan detektor berkisar 50% hingga 80%. Problema utama yang harus diatasi adalah hamburan cahaya yang sangat kuat saat pengamatan siang hari, maka diperlukan beberapa upaya untuk mengurangi intensitas cahaya tersebut. Tujuannya reduksi hamburan cahaya yang masuk teleskop adalah agar kontras sabit Bulan dapat meningkat, selain kemudahan dan kenyamanan bagi pengamat. Oleh karena itu dibutuhkan perangkat tambahan sebagai penghalang cahaya, agar cahaya Matahari dari arah samping tidak masuk ke dalam teleskop yaitu berupa selongsong luar atau *baffle*. Alat ini diletakkan di ujung tabung lensa obyektif. Sedangkan untuk mendapatkan citra dalam proses pengambilan gambar, teleskop dan *baffle* mengikuti gerak Bulan atau *tracking*, maka penggunaan dudukan (*mounting*) yang memiliki motor pergerak otomatis atau sistem *Go To* dengan akurasi tinggi sangat dibutuhkan.

Filter

Pengamatan sabit Bulan di siang hari memiliki hambatan, yaitu rendahnya kontras antara cahaya sabit Bulan dan cahaya Matahari atau latar depan langit. Bagi pengamat di permukaan Bumi (*ground base*), secara teoritis pada siang hari panjang gelombang yang diterima sebagai sumber cahaya adalah merentang dari panjang gelombang ultraviolet (UV), visual hingga infra merah. Untuk mengatasi hal tersebut maka dilakukan upaya mempersempit panjang gelombang. Dengan menggunakan analisator atau *filter* dalam hal ini penulis menggunakan filter infra merah. Semua panjang gelombang diluar rentang panjang gelombang filter tersebut tidak

diteruskan atau mempunyai transmisi nol, sehingga yang diteruskan hanya panjang gelombang infra merah. Selain itu dengan menggunakan filter infra merah pada beberapa pengamatan dapat meningkatkan kontras (Roth, 2009; Griffiths, 2014). Maka untuk pengamatan sabit Bulan di siang hari penulis menggunakan filter I dalam sistem fotometri UBVRT.

Detektor

Hipparchus (127 BC) seorang astronom Yunani menggunakan pengamatan astronomi untuk menentukan lamanya musim. Para astronom Cina pada abad ke-10 mencatat penampakan cahaya bintang yang tidak biasa di rasi Taurus yang pada saat ini dikenal dengan fenomena ledakan supernova. Pada abad ke-16 Galileo Galilei dengan teleskop dapat menggambar kawah dan pegunungan yang ada di Bulan, dan masih banyak lagi kejadian yang bernilai sejarah penting bagi perkembangan astronomi. Perlu diketahui bahwa hasil-hasil yang diperoleh oleh para pengamat di atas didapat hanya dengan detektor cahaya alami yang tersedia pada saat itu yaitu mata (McLean, 2008). Dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, kini telah tercipta alat yang berfungsi sebagai detektor layaknya mata manusia dalam menangkap sumber cahaya dalam pengamatan astronomi. Keunggulan utama adalah hal sensitivitasnya. Perkembangan perangkat detektor dimulai dari penggunaan plat fotografi pada kisaran abad ke-19, hingga pada tahun 1950an dikembangkan perangkat fotoelektrik yang disebut *Photomultiplier Tube (PMT)* hingga selanjutnya dikembangkan kembali pada tahun 1960-1970 menjadi tabung televisi. Hingga pada tahun 1970 Bill Boyle dan George Smith dari Bell Labs AT&T mengenalkan konsep *charge-coupled devices* dengan mempublikasikan pada *Bell System Technical Journal Vol. 49* pada April 1970 dengan judul “*A New Semi Conductor Device Concept Has Been Devised Which Shows Promise of Having Wide Application*” dan penamaan CCD dipilih oleh Bill Boyle sendiri. Atas penemuan ini Bill Boyle dan George Smith mendapat berbagai penghargaan salah satunya pada tahun 2006 dari *National Academy of Engineering’s Draper Prize* atas penemuan CCD. Penemuan detektor CCD merupakan penemuan yang sangat luar biasa, karena sangat membantu dalam proses

pengamatan dalam astronomi. Dengan sejarah panjang penemuan berbagai perangkat detektor tersebut, dan ketersediaan perangkat detektor berupa CCD penulis memilih CCD dengan spesifikasi yang sesuai untuk pengamatan sabit Bulan di siang hari. Spesifikasi yang paling penting dari CCD yang akan digunakan diantaranya adalah ukuran sensor dan ukuran pixel yang menghasilkan medan pandang terhadap Bulan yang akan diamati mencapai 50% hingga 80%, jika dikonfigurasi dengan sistem teleskop.

Perangkat Lunak

Penggunaan teknologi di berbagai bidang dewasa ini tidak dapat dihindarkan. Perpaduan teknologi berupa peralatan dan perangkat lunak digunakan untuk kemudahan fungsi sebuah peralatan atau pekerjaan. Begitu juga untuk pengamatan sabit Bulan di siang hari, selain teknologi *mounting* dengan sistem *go to* dan perangkat detektor CCD juga digunakan perangkat lunak untuk beberapa fungsi dalam proses pengamatan. Diantaranya, perangkat lunak untuk memproses citra, perangkat lunak untuk kontrol teleskop melalui komputer, dan perangkat lunak untuk antarmuka dengan perangkat. Ketersediaan perangkat lunak untuk pengamatan sabit Bulan di siang hari ada yang berasal dari pabrikan perangkat seperti perangkat lunak antar muka CCD, tetapi selain itu penulis menggunakan perangkat lunak yang tersedia gratis di internet. Perangkat lunak – perangkat lunak tersebut penulis kombinasikan sehingga menghasilkan fungsi yang saling menunjang dalam pengamatan sabit Bulan di siang hari.

Pengamatan Sabit Bulan Terkini

Pengamatan sabit Bulan merupakan kegiatan sangat penting bagi masyarakat Indonesia yang mayoritas menganut agama Islam. Pengamatan sabit Bulan selain sebagai kegiatan kompetisi untuk mendapatkan citra sabit Bulan termuda dengan batas jarak Bulan-Matahari (elongasi) terdekat dan beberapa parameter, juga bagi sebagian masyarakat masih menjadi penentu bulan baru dalam kalender *hijriyah* yang berimplikasi pada kegiatan-kegiatan ibadah pada bulan *hijriyah* tersebut. Walau pengamatan sabit Bulan umumnya dilakukan pada saat Matahari tenggelam, kini dengan kemajuan penemuan instrumen pengamatan astronomi pengamatan

sabit Bulan dapat dilakukan pada saat siang hari.

ICOP yang berbasis di Yordania merupakan proyek pertama berskala internasional yang sangat intens dalam pengamatan sabit Bulan. Pengamatan sabit Bulan yang menjadi aktivitas rutin di *ICOP*

dapat dibedakan menjadi beberapa kriteria, diantaranya :

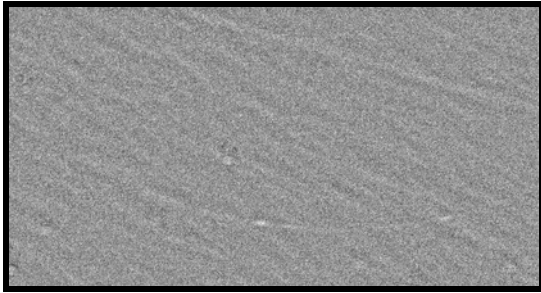
Tabel 1. Definisi Pengamatan Sabit Bulan oleh ICOP

<i>Naked Eye Observations</i>	Yaitu pengamatan sabit Bulan yang dilakukan dengan mata telanjang dan tanpa alat bantu. ICOP akan membuat daftar rekor berdasarkan tiga kriteria, yaitu : usia sabit Bulan termuda, <i>lag time</i> minimal, dan elongasi Matahari-Bulan terendah
<i>Optical Aid Observations</i>	Yaitu pengamatan sabit Bulan yang dilakukan dengan bantuan alat optik. ICOP akan membuat daftar rekor berdasarkan empat kriteria, yaitu usia toposentris termuda, usia geosentris termuda, <i>lag time</i> minimal, dan elongasi Matahari-Bulan terendah
<i>Daylight Observations</i>	Yaitu pengamatan sabit Bulan yang dilakukan pada saat siang hari dengan alat bantu optik, dan pengamatan tidak dilakukan setelah Matahari terbenam walaupun setelah Matahari terbenam kondisi langit sangat cerah
<i>Ordinary Imaging</i>	Pengamatan sabit Bulan dengan menggunakan alat bantu optik dan kamera sebagai penangkap citra sabit Bulan, ICOP akan membuat daftar berdasarkan tiga kriteria, yaitu usia sabit Bulan termuda, <i>lag time</i> minimal, dan <i>elongasi</i> Matahari-Bulan terendah
<i>CCD Imaging</i>	Pengamatan sabit Bulan menggunakan kamera CCD beserta filter, dan menggunakan teleskop khusus serta pengamat melakukan <i>image processing</i> untuk menghasilkan citra sabit Bulan.

Berdasarkan kriteria pengamatan yang diterapkan, ICOP terus menampilkan daftar rekor-rekor pengamatan yang dilakukan di berbagai negara oleh anggota ICOP dalam laman web-nya. diantara rekor-rekor pengamatan yang ditampilkan hingga 27 Agustus 2015 pada laman tersebut, ada 2 rekor dunia pengamatan sabit Bulan yaitu : pertama, oleh Thierry Legault dengan *elongasi* toposentris 4.554 derajat yang diamati pada tanggal 14 April 2010 di Montfaucon (Perancis), dan kedua oleh Martin Elsasser dengan *elongasi* toposentris 4.585 derajat yang diamati pada tanggal 5 Mei 2008 di Munich (Jerman)



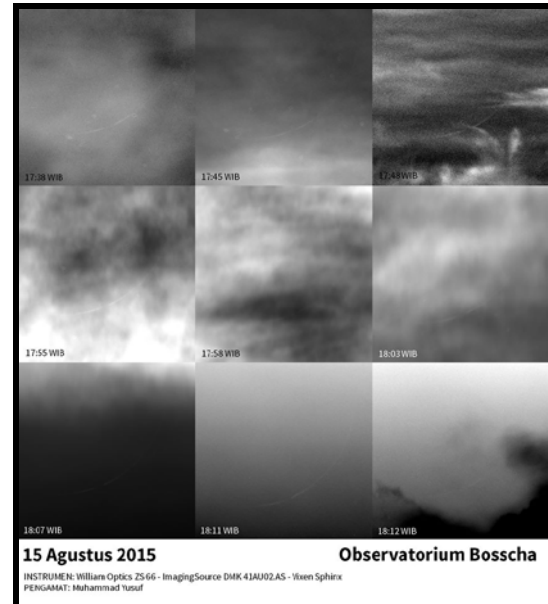
Gambar 1 Citra Sabit Bulan dengan rekor usia toposentris termuda oleh Thierry Legault (<http://www.icoproject.org/tlegault.jpg>)



Gambar 2 Citra sabit Bulan dengan rekor usia toposentris termuda oleh Martin Elsasser (<http://www.icoproject.org/melsasser.jpg>)

Untuk pengamatan sabit Bulan di Indonesia, dilakukan oleh beberapa lembaga, komunitas hingga para ahli pengamatan astronomi. Untuk lembaga terdiri dari perguruan tinggi, lembaga pemerintah, hingga badan khusus yang dibentuk oleh Kementerian Agama dan Kementerian Informasi yang membuat jaringan pengamatan. Untuk jejaring pengamatan yang terhimpun dapat dilihat di laman web : <http://hilal.kominfo.go.id/>, diantaranya yang tergabung adalah Institut Teknologi Bandung yang melakukan pengamatan di Observatorium Bosscha, Universitas Pendidikan Indonesia yang melakukan pengamatan di menara Timur FMIPA UPI, STAIN Pekalongan Jawa Tengah, RHI di Bukit Bela Belu Yogyakarta, BHR (Badan Hisab Rukyat) Provinsi Kalimantan Barat di Sungai Kakap Kalimantan Barat, LAPAN di Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Pekalongan, BHR Sumatera Utara di kantor Gubernur Sumatera Utara, CASA Assalaam di pondok pesantren Assalaam Surakarta, dan BHR Provinsi Aceh di Pusat Observatorium Bulan (POB) Tgk. Chiek Kuta Lhoknga Aceh.

Pengamatan sabit Bulan di Indonesia secara umum dilakukan setelah Matahari terbenam, sedangkan pengamatan yang dilakukan oleh Observatorium Bosscha tidak hanya setelah Matahari terbenam akan tetapi dilakukan juga pada pagi ataupun siang hari. Diantara pengamatan yang dilakukan oleh observatorium Bosscha merupakan rekor pengamatan untuk Indonesia, seperti diperlihatkan pada gambar III.3.



Gambar 3 Rekor pengamatan sabit Bulan paling tipis yang dilakukan Observatorium Bosscha pada 15 Agustus 2015 (www.facebook.com/observatorium.bosscha)

Desain Pengamatan Sabit Bulan di Siang Hari

Sistem Pengamatan sabit Bulan di siang hari yang penulis susun memadukan fungsi kolektor, analisator dan detektor dengan proses pengolahan citra menggunakan perangkat lunak yang tersedia gratis di internet, juga termasuk penggunaan perangkat lunak untuk antar-muka kamera CCD dengan komputer serta kontrol *mounting* dengan *public domain* (gratis), selain itu beberapa rancangan penunjang proses pengamatan memperhatikan dari fungsinya agar menunjang optimalnya pelaksanaan pengamatan sabit Bulan. Seperti desain rumah teleskop yang digunakan memiliki fungsi tambahan untuk keberhasilan pengamatan sabit Bulan di siang hari, dan selongsong penghalang cahaya Matahari atau *baffle* yang berfungsi sebagai peningkat kontras antara citra sabit Bulan dengan cahaya latar belakang.

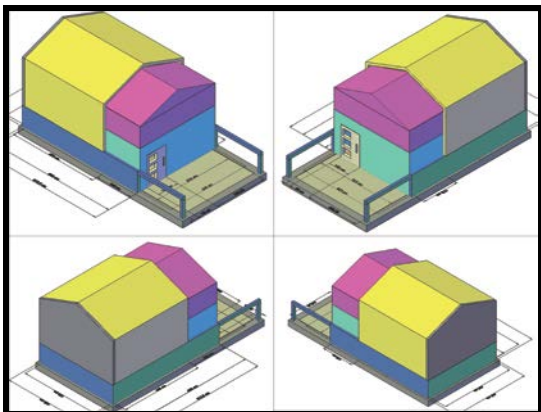
Desain, Instrumen dan Perangkat Lunak 1. Rumah Teleskop

Untuk pengamatan sabit Bulan di siang hari dilakukan dalam sebuah rumah teleskop. Desain rumah teleskop yang penulis gunakan untuk sistem pengamatan sabit Bulan di siang hari dengan desain atap geser (*roll-roof*). Menurut Hicks (2008), ada beberapa

keuntungan yang didapat jenis observatorium atap geser dibanding dengan kubah, diantaranya ;

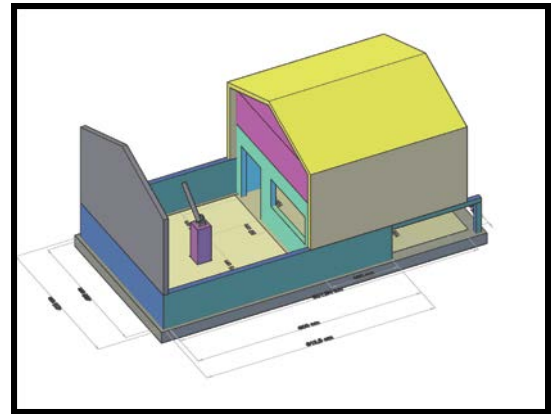
- 1) Pembuatan observatorium yang lebih sederhana,
- 2) Biaya pembangunan lebih murah, dengan atap yang terbuka menjadikan pandangan ke langit terbuka,
- 3) Kapasitas observatorium yang lebih luas, dengan adanya kanopi atau ruang terpisah dari teleskop membuat pengamat dapat dengan mudah melakukan pengamatan terlebih dilakukan pada siang hari dengan kendala teriknya Matahari.

Walaupun jenis observatorium kubah memiliki keunggulan dalam mengatasi kendala berupa terpaan angin terhadap teleskop namun dalam segi ukuran dan kemampuan menampung pengamat observatorium jenis kubah sangat terbatas, dan penulis mendesain jenis atap geser ganda dengan bagian sisi dinding yang dapat difungsikan sebagai penghalang terpaan angin terhadap teleskop agar pelaksanaan pengamatan menjadi optimal, seperti terlihat pada gambar 4.



Gambar 4 Desain rumah teleskop atap ganda (*double roll-roof*) tampak dari samping

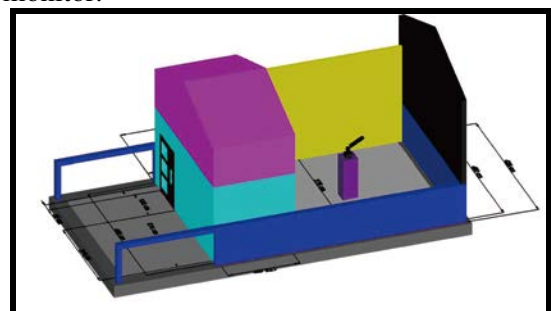
Desain yang penulis buat sudah memperhatikan fungsinya sebagai rumah teleskop untuk pengamatan sabit Bulan di siang hari, dengan beberapa bagian rumah teleskop yang bisa berfungsi lebih seperti penutup bagian belakang sebagai penghalang angin yang akan menerpa teleskop. Pada gambar 5 bagian belakang yaitu dinding yang berwarna coklat bisa berfungsi sebagai penghalang angin dari arah belakang observatorium.



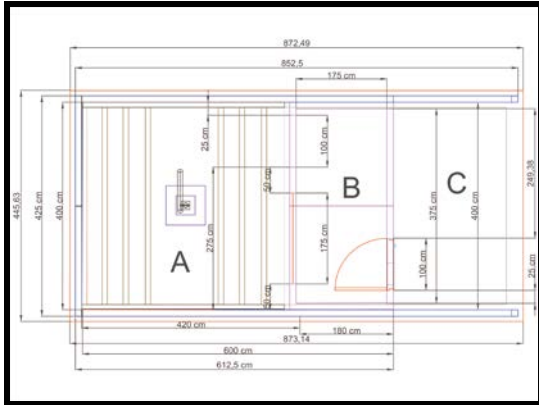
Gambar 5 Desain rumah teleskop dengan atap terbuka

Selanjutnya untuk dinding sebelah samping sudah cukup menahan angin, tetapi dapat diberi tambahan berupa papan triplek agar menghalangi terpaan angin dari arah samping seperti pada gambar 6 yang ditunjukkan oleh bagian yang berwarna kuning. Untuk pembangunan observatorium maka arah depan-belakang harus menghadap ke arah Utara-Selatan mengingat arah medan pandang pengamatan sabit Bulan mengikuti arah orbit Bulan.

Selain itu observatorium juga dibagi menjadi 3 bagian yaitu bagian pertama adalah ruangan untuk meletakkan teleskop dan atapnya dapat digeser sehingga terbuka medan pandang langit yang cukup luas pada gambar 7 ditunjukkan oleh bagian A, bagian kedua yaitu ruangan yang berisi perangkat teleskop dan tempat pengamatan mengontrol teleskop serta melakukan perekaman dan pengolahan citra pada gambar 7 ditunjukkan oleh bagian B, dan bagian ketiga yaitu kanopi yang ditunjukkan oleh gambar 7 pada bagian C. Peralatan teleskop perlu ruang khusus yang gelap, agar silau Matahari tidak mengganggu visibilitas sabit Bulan yang redup di layar monitor.



Gambar 6 Triplek yang di fungsikan sebagai penghalang terpaan angin dari samping



Gambar 7 Denah dan pembagian ruangan pada observatorium

Observatorium yang penulis desain menempati lahan dengan panjang 872.49 cm dan lebar 445.63 cm. Sedangkan bangunan observatoriumnya sendiri memiliki panjang 852.5 cm dan lebar 425 cm diukur dari bagian terluar.

2. Teleskop

Sedangkan detector untuk pengamatan yang terdiri teleskop, *baffle*, *mounting*, filter, detector CCD dan perangkat lunak. Uji coba pengoperasian menggunakan teleskop jenis refraktor *William Optics* tipe Zenith Star 71 ED yang memiliki diameter lensa 71 mm dan *f-ratio* sebesar *f/5.9*.



Gambar 8 Teleskop William Optics (WO) Zenith Star 71 ED (sumber : www.williamoptics.com)

Tabel 2. Spesifikasi William Optics Zenith Star 71 ED

<i>Aperture</i>	71 mm
<i>Focal Ratio</i>	F/5.9
Panjang Fokus	418 mm
Tipe Lensa Obyektif	<i>ED Doublet, Air Spaced, Fully Multi-Coated, SMC coating</i>
<i>Resolving Power</i>	1.58"
Batas Magnitudo	11
Penutup Lensa	Dapat di geser
<i>Focuser</i>	<i>50.8 mm (2") Rack & Pinion Focuser dengan 1:10 Dual Speed microfocuser 80mm (3.2") Focuser Travel Length 360° Rotatable Design</i>
Diameter Tabung	93 mm (3,66")
Panjang Tabung	<i>310 mm Fully Retracted 355 mm Fully Extended</i>
Tipe Dudukan	<i>Integrated L Bracket (sesuai dudukan SmartEQ)</i>
Berat	6 lbs (2.7 Kg)

3 Detektor

Agar mendapatkan medan pandang citra sabit Bulan yang dihasilkan oleh konfigurasi antara sistem teleskop dengan detektor CCD sebesar 50 % hingga 80 % (terhadap luas medan pandang), maka digunakan detektor CCD Skyris 274 monokrom dengan ukuran sensor 8.50 mm x 6.80 mm dan ukuran pixel 4.40 micron persegi.



Gambar 9 Kamera CCD Skyris 274 monokrom (sumber : <http://www.celestron.com>)

Tabel 3. Spesifikasi kamera CCD Celstron Skyris 274M

A/D Conversion	12 bit
Jarak fokus belakang	19 mm tanpa nosepiece, 17.5 mm dengan C-mount
Rentang eksposur	0,0001 sampai 30 detik
Kamera Sensor	Sony Super HAD ICX274 Monochrome CCD
Dudukan	1.25" barrel dan C-thread
Suhu operasional	40 ⁰ C sampai -40 ⁰ C
Shutter/penutup	Global
Perangkat lunak	<i>iCap, IC Capture, DirectShow, FireCapture</i>
Sub-framing	Dapat dipilih
Berat	2.6 oz (102 g)
Daya	Powered by USB
Resolusi kamera	1600 x 1200
Ukuran sensor	8.50 mm x 6.80 mm
Ukuran pixel	4.40 micron persegi

Kamera CCD Skyris 274M menggunakan kabel USB3 untuk koneksi dengan komputer, sedangkan untuk perangkat lunak antar muka CCD dengan komputer digunakan perangkat lunak *iCap* versi 2.3 yang merupakan perangkat lunak antar muka paket produk kamera CCD Skyris 274M dari *Celestron*. Penggunaan kamera CCD Skyris 274M mengharuskan komputer memiliki port USB3, dan file yang dihasilkan dalam proses perekaman citra sabit Bulan membutuhkan disk memori cukup besar.

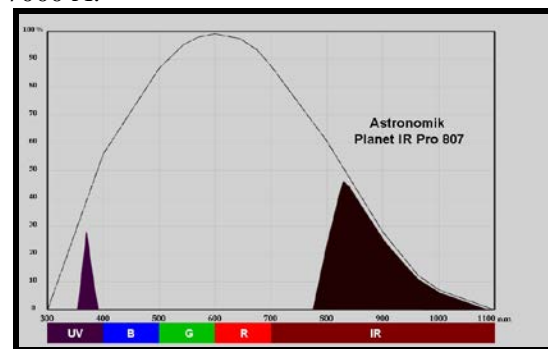
4. Filter

Untuk filter yang digunakan dalam pengamatan sabit Bulan di siang hari adalah filter I dalam sistem UBVRI dengan panjang gelombang merentang dari 7000 Å hingga 9000 Å, yang merupakan produk dari Astronomik IR Pro 807.



Gambar 10 Filter infra merah Astronomik Planet IR Pro 807

Walau secara teori filter I dalam sistem UBVRI merentang dari 7000 Å hingga 9000 Å, namun dalam setiap produk memiliki karakteristik spektrum tersendiri, seperti filter Astronomik IR Pro 807 merentang dari 7800 Å hingga 11.000 Å juga 3500 Å hingga 4000 Å yang merupakan panjang gelombang ultra-violet (UV). Untuk menghilangkan kontribusi UV, kedepan diperlukan filter IR *pass-band* 7000 Å.



Gambar 11 Spektrum filter Astronomik Planet IR Pro 807 (sumber : www.astrosurf.com)

5. Baffle

Ada hambatan utama pengamatan sabit Bulan di siang hari yaitu hamburan cahaya yang sangat kuat dan untuk mengatasi masalah itu digunakan selongsong atau *baffle* yang diletakkan di ujung teleskop. Ada beberapa macam bentuk *baffle*, seperti yang digunakan oleh Martin Elsasser dengan *baffle* yang menggunakan rangka dan menempel pada teleskop, atau seperti yang digunakan oleh Thierry Legault yang tidak ditempelkan pada teleskop namun membutuhkan

perhitungan konfigurasi posisi teleskop terhadap *baffle* dan sabit Bulan yang sangat teliti.

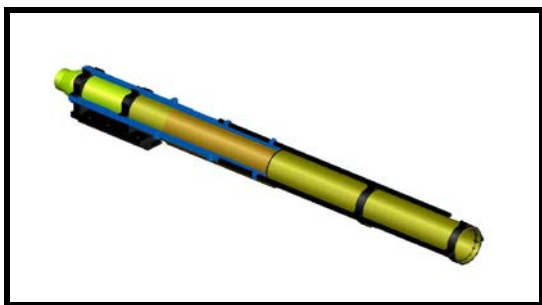


Gambar 12 (kiri) *Baffle* yang digunakan oleh Martin Elsasser (sumber : www.mondatlas.de); (kanan) *Baffle* yang digunakan Thierry Legault (sumber : <http://www.astrophoto.fr>)



Gambar 13 *Baffle* yang digunakan oleh Dhani Herdiwijaya dan rekan (sumber : Herdiwijaya dkk. 2010)

Sedangkan desain *baffle* yang penulis desain seperti diperlihatkan oleh gambar 14.



Gambar 14 Desain *Baffle* yang penulis buat

6. Penggerak (*Mounting*) Teleskop

Perpaduan antara teleskop William Optics Zenith Star 71ED, kamera CCD SkyrS 274 M dan filter infra merah akan di tempatkan pada *mounting goto* dengan sistem *tracking* yang ada pada *mounting*.

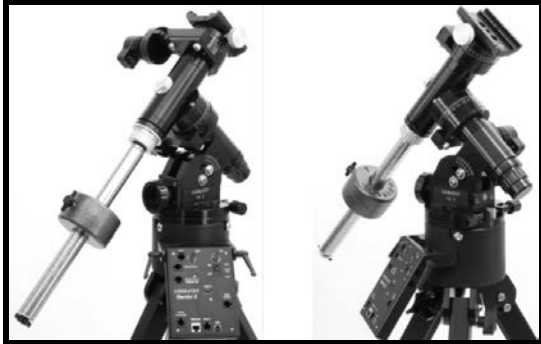


Gambar 15 (atas) Perpaduan teleskop WO Zenith Star 71 ED dengan kamera CCD SkyrS 274M dan filter infra merah, (bawah) teleskop yang dipasangkan di *mounting* (sumber : Thierry Legault)

Dalam pengamatan sabit Bulan di siang hari, mengingat kontras antara sabit Bulan dengan latar belakang langit sangat rendah maka dalam pengambilan dan perekaman file citra pengamat sangat mengandalkan gerak sistem teleskop dalam mengikuti gerak semu Bulan. Pergerakan teleskop mengikuti gerak semu Bulan atau *tracking* dan fokus teleskop sangat mempengaruhi hasil citra sabit Bulan. Maka penulis memilih dudukan teleskop dengan *mounting* sistem *go to* yang mempunyai motor penggerak akurasi yang tinggi.

Penulis menggunakan *mounting* GM8 Losmandy yang merupakan *mounting* dengan sistem operasi sumbu equatorial. Pada *mounting* GM8 Losmandy selain ada pilihan kecepatan *tracking* yang tersedia pada sistem *mounting*, pengamat juga dapat memasukan kecepatan *tracking* yang sesuai dengan kebutuhan objek pengamatan dengan memasukan kecepatan *tracking* pada sistem

mounting di menu *user define*. Dengan memasukkan kecepatan *tracking* untuk sumbu asensiorekta (RA) dan deklinasi (DEC) hasil perhitungan yang sesuai dengan kecepatan objek Bulan, maka pergerakan kecepatan *tracking* pada *mounting* GM8 Losmandy akan sesuai dengan kecepatan *tracking* yang dimasukkan oleh pengamat.

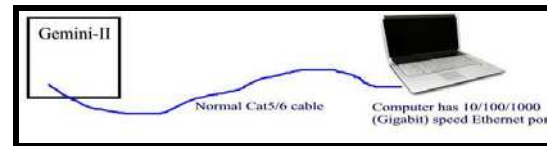


Gambar 16 *Mounting* GM8 Losmandy

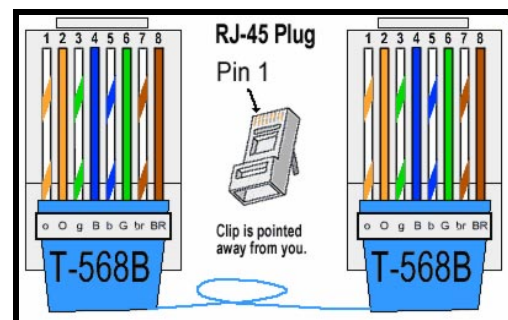
Seperti disebutkan oleh Utama dan Siregar (2007) kemampuan teleskop dalam hal *pointing* dan *tracking* merupakan isu yang sangat penting. *Pointing* yang dilakukan teleskop atas suatu objek dicapai dengan memberikan masukan berupa koordinat objek dan memerintahkan teleskop untuk bergerak menuju koordinat tersebut, setelah teleskop mengarah pada objek yang ditentukan maka teleskop pun harus dapat mengikuti gerakan objek (*tracking*) pada kecepatan *tracking* yang dipilih atau dimasukkan oleh pengamat pada *mounting* GM8 Losmandy.

Dari beberapa modus koneksi yang dapat digunakan pada *mounting* GM8 Losmandy agar dapat dikontrol melalui komputer, penulis memilih modus kontrol menggunakan kabel LAN (*Local Area Network*) dan menggunakan aplikasi *Stellarium*. Untuk koneksi *Mounting* GM8 Losmandy dengan perangkat komputer menggunakan beberapa perangkat lunak dan kabel penghubung, perangkat lunak yang dibutuhkan antara lain *ASCOM* (*Astronomy Common Object Model*-<http://ascom-standards.org>), *Gemini Telescope* (<http://www.gemini-2.com>), *Stellarium* (www.stellarium.org), *Stellarium Scope* (www.bytearts.com). Untuk modus koneksi antara *mounting* GM8 Losmandy dengan komputer menggunakan kabel LAN normal dapat dilihat seperti pada gambar III.16 yang menggambarkan skema koneksi dengan modus menggunakan kabel LAN normal. Konfigurasi

kabel LAN normal atau *straight* dengan seperti pada gambar III.17. Penggunaan kabel LAN normal sendiri bergantung kepada *ethernet card* yang ada pada komputer, maka untuk dapat menggunakan modus koneksi dengan kabel LAN normal maka *ethernet card* yang ada pada komputer harus memiliki kecepatan 10/100/1000 Mbps.

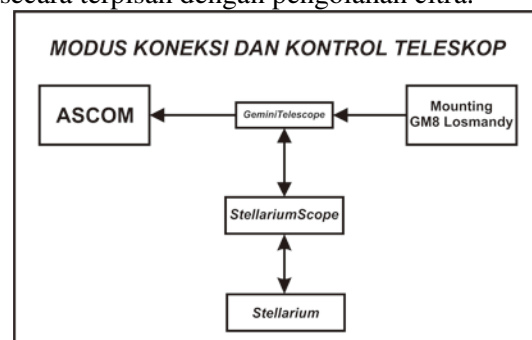


Gambar 17 Skema koneksi *mounting* GM8 Losmandy ke komputer menggunakan kabel LAN normal (sumber : <http://gemini-2.com>)



Gambar 18 Konfigurasi kabel LAN normal/*staright* (sumber : <https://zucx.wordpress.com>)

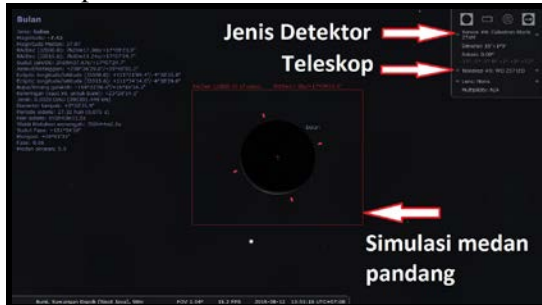
Sedangkan untuk beberapa macam modus koneksi *mounting* GM8 Losmandy dengan komputer penulis lakukan percobaan dan dapat dilihat di buku petunjuk pengamatan sabit Bulan di siang hari yang penulis buat. Setelah semua instrumen pengamatan sabit Bulan di siang hari telah terpasang dengan baik dengan orientasi atau *pointing* terhadap sumbu polar sesuai dengan letak posisi pengamatan, maka selanjutnya proses pengamatan dilakukan dengan menjalankan semua fungsi. Secara garis besar pengamatan dilakukan secara terpisah dengan pengolahan citra.



Gambar 19 Skema modus koneksi dan kontrol teleskop menggunakan *Stellarium*

7. Perangkat Lunak

Dengan menggunakan modus ini, kontrol teleskop sangat mudah dilakukan menggunakan perangkat lunak Stellarium, selain itu untuk Stellarium kini sudah tersedia simulasi medan pandang berdasarkan teleskop dan detektor yang pengamat gunakan, dengan memasukan spesifikasi dan karakter dari teleskop.



Gambar 20 Tampilan simulasi medan pandang pada Stellarium

Kontrol teleskop menggunakan perangkat lunak Stellarium memudahkan bagi pengamat yang melakukan pengamatan pada kondisi atmosfer yang kurang bersahabat dengan pandangan mata biasa saat melakukan *pointing* yang membutuhkan objek bintang, namun dengan tampilan bintang yang terlihat pada perangkat lunak Stellarium pengamat tinggal memilih bintang tertentu dengan karakter posisi tertentu dan menekan tombol *slew* atau *ctrl+I* pada *keyboard* komputer, maka teleskop akan bergerak menuju bintang yang dipilih tadi.

Penelitian Kontras

Dalam pengamatan sabit Bulan di siang hari permasalahan utama yang dihadapi adalah rendahnya kontras antara citra sabit Bulan dan cahaya latar belakang langit. Sebagai upaya peningkatan kontras antara sabit Bulan dengan latar belakang, maka digunakan perangkat tambahan berupa selongsong tabung teleskop (*baffle*) yang ditempelkan pada ujung lensa obyektif. Apakah penggunaan *baffle* memberikan peningkatan kontras tersebut, maka penulis berupaya melakukan penelitian dampak penggunaan *baffle* terhadap peningkatan kontras. Dalam astronomi, kontras didefinisikan sebagai perbedaan antara properti visual yang menjadikan sebuah objek dapat dibedakan dari objek lain dan dari latar belakangnya, dan ditentukan oleh perbedaan

warna dan kecerlangan sebuah objek dengan objek lain dalam suatu medan pandang (Sakirman, 2012). Formulasi yang umum digunakan untuk mengukur kontras adalah kontras Michelson (*Michelson Contrast*) dan kontras Webber (*Webber Contrast*). Nilai kontras dapat diukur dengan formula kontras menurut Michelson (1927) :

$$C = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad (\text{Pers. 1})$$

Keterangan :

C = nilai kontras,

I_{\max} = intensitas maksimal

I_{\min} = intensitas cahaya minimal.

Sedangkan pengukuran kontras menurut Webber :

$$C = \frac{\Delta I}{I} \quad (\text{Pers. 2})$$

dimana :

$$\Delta I = \frac{(I_{\max} - I_{\min})}{2} \quad (\text{Pers. 3})$$

$$I = I_{\min} \quad (\text{Pers. 4})$$

Proses pengukuran dilakukan terhadap dua citra Bulan yang diperoleh dengan dua modus berbeda, yaitu citra pertama diambil tanpa menggunakan *baffle* dengan waktu bukaan selama 120 detik, dan citra kedua diambil menggunakan *baffle* dengan bukaan selama 120 detik juga. Pengambilan kedua citra yang berbeda modus itu dilakukan dengan menggunakan filter, teleskop dan kamera CCD yang sama jenisnya. Setelah diproses menjadi citra dengan format JPEG, maka dua citra tersebut selanjutnya dilakukan pengukuran menggunakan perangkat lunak ImageJ (<http://imagej.nih.gov/ij/>) untuk mendapatkan nilai intensitas minimal dan maksimal dari bagian citra yang diberi kotak (*region of interest*) untuk di hitung.

METODE

Pengamatan Sabit Bulan

Pengamatan dilakukan 1 sampai 2 hari sebelum dan setelah konjungsi, jadi pada pengamatan dilakukan selama kurang lebih 3 sampai 5 hari dengan pada tiap momen konjungsi. Pengamatan dilakukan sejak bulan Maret 2015 hingga Juli 2015. Lokasi

pengamatan dilakukan di dua tempat, pertama adalah Kota Yogyakarta dengan $7^{\circ}46'58.01''$ Lintang Selatan dan $110^{\circ}21'39$ Bujur Timur dengan ketinggian 50 m di atas permukaan laut. Lokasi pengamatan kedua adalah Kota Depok dengan $6^{\circ}23'33.21''$ Lintang Selatan dan $106^{\circ}45'41.9''$ Bujur Timur dengan ketinggian 92 m di atas permukaan laut. Momen konjungsi pada bulan Maret 2015, pengamatan dilakukan di Kota Yogyakarta mengingat peralatan pengamatan yang masih berada di kota tersebut. Selanjutnya untuk momen-momen konjungsi di bulan lainnya dilakukan di Kota Depok.

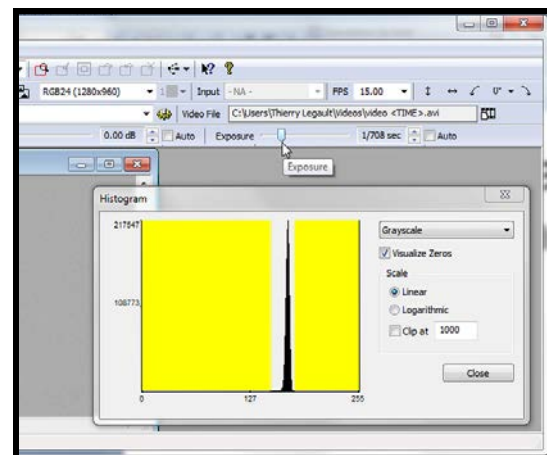
Proses persiapan pengamatan dimulai dengan memasang semua peralatan dan mengatur data koordinat posisi pengamatan. Hal yang paling penting dalam proses

persiapan pengamatan adalah proses *pointing* yaitu pengaturan agar orientasi teleskop terhadap lokasi pengamatan benar dan tepat, agar ketika pergerakan laju teleskop mengikuti suatu objek berdasarkan data base pada teleskop sesuai dengan pergerakan sebenarnya dari objek yang diamati. Untuk proses *pointing* sistem teleskop yang menggunakan *mounting* GM8 Losmandy dilakukan pada saat malam hari, untuk belahan Bumi bagian selatan maka mengambil 2 bintang sebagai parameter *pointing* yaitu satu bintang yang berada di horizon utara dengan ketinggian (*altitude*) antara 30° hingga 60° , dan satu bintang di horizon timur dengan ketinggian 15° hingga 25° .

Tabel 4. Jadwal Pengamatan

No	Waktu	Lokasi	Keterangan
1.	19- 21 Maret 2015	Yogyakarta	Tidak berhasil, terhalang awan
2.	18-21 April 2015	Kota Depok	Tidak berhasil, terhalang awan
3.	8 Mei	Kota Depok	Pengambilan Citra untuk penelitian kontras
4.	17-19 Mei 2015	Kota Depok	Berhasil
5.	15-17 Juni 2015	Kota Depok	Tidak berhasil, terhalang awan
6.	15-17 Juli 2015	Kota Depok	Tidak berhasil, terhalang awan

Setelah proses *pointing* dan *focusing* sudah selesai dan menghasilkan orientasi teleskop terhadap posisi benar, maka teleskop dapat digunakan untuk melakukan pengamatan sabit Bulan di siang hari. Selain itu, sebelum melakukan pengamatan, pengamat harus mengatur perangkat lunak antar-muka kamera CCD agar menghasilkan file yang tersimpan dengan baik. Pengaturan itu mencakup lokasi penyimpanan file, format nama file, pemilihan sistem *codec* dan format file, parameter kecerlangan citra (*gain* dan *exposure*). Untuk pengaturan *gain* dan *exposure* diatur dengan *gain* minimal yaitu 0, dan pengaturan *exposure* diatur sedemikian rupa hingga pada histogram akan terlihat pada rentang nilai monokrom (8 bit) antara $2/3$ hingga $3/4$ atau $2/3 \times 256$ hingga $3/4 \times 256$.

Gambar 21 Pengaturan *exposure* dengan indikasi pada histogram

Setelah pengaturan persiapan kamera CCD telah selesai, sebelum melakukan pengamatan kepada objek sabit Bulan,

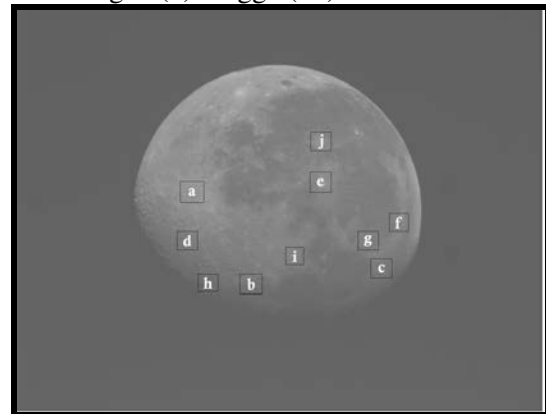
pengamat harus merekam citra pengoreksi yaitu *flat-field*, yaitu citra yang diambil dengan sumber cahaya homogen dengan waktu ekspos sama dengan waktu pengambilan citra sabit Bulan. Untuk *flatfield* penulis mengambil dengan mengarahkan teleskop ke bagian langit yang biru seragam pada pagi hari, dimana bagian langit tersebut tidak ada awan. Setelah citra pengoreksi dan citra sabit Bulan di rekam, maka langkah selanjutnya adalah memproses citra dengan perangkat lunak *IRIS* (<http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>)

Pengamatan Penelitian Kontras

Pengambilan citra untuk penelitian kontras dilakukan di Kota Depok pada 8 Mei 2015 dengan lintang $-6^{\circ}23'33.21''$ (Selatan) dan bujur $106^{\circ}45'41.9''$ (Timur) dengan ketinggian 91m hingga 92m di atas permukaan laut. Pengambilan citra tanpa *baffle* dilakukan pada jam 6:55 WIB dan pengambilan citra dengan *baffle* dilakukan pada jam 7:05 WIB. Penulis juga melakukan dua pendekatan perhitungan, yaitu pertama perhitungan kontras dengan mengambil sampel perhitungan yang berada pada daerah citra Bulan, dan kedua perhitungan kontras dengan mengambil sampel perhitungan yang mencakup bagian tepi Bulan dan latar belakang langit.

Analisa pengaruh kontras juga dilakukan dengan menggunakan formula kontras Michelson dan kontras Webber. Pada perangkat lunak *ImageJ* kedua citra dianalisa dengan terlebih dahulu menentukan titik sampel yang berupa kotak segi empat. Citra sabit Bulan merupakan citra monokrom 8 bit dengan nilai 2^8 (antara 0-255). Penggunaan perangkat lunak *ImageJ* akan dihasilkan nilai kecerlangan minimal dan maksimal dari citra yang berada di kotak segi empat yang dibuat

yang telah mencakup citra Bulan dan cahaya latar belakang langit. Nilai-nilai kecerlangan yang dihasilkan di masukan sebagai I_{min} dan I_{max} pada persamaan 1 yang merupakan formula kontras Michelson dan persamaan 2, persamaan 3 dan persamaan 4 yang merupakan formula kontras Webber. Secara umum nilai I_{min} merupakan nilai latar belakang, sedangkan nilai I_{max} merupakan nilai sabit Bulan. Titik sampel berupa kotak segi empat yang dapat diubah ukurannya. Pengukuran kontras menggunakan perangkat lunak *ImageJ* untuk mendapatkan nilai kecerlangan pada masing-masing titik sampel dan pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel*. Peta pengambilan sampel untuk sampel yang berada di daerah Bulan seperti ditunjukkan oleh gambar 21. Sedangkan nama-nama titik-titik sampel pada Bulan memuat kawah yang dijabarkan secara detail pada tabel 22. Daerah dengan indeks (a) hingga (i) dinyatakan juga dalam angka (1) hingga (10).



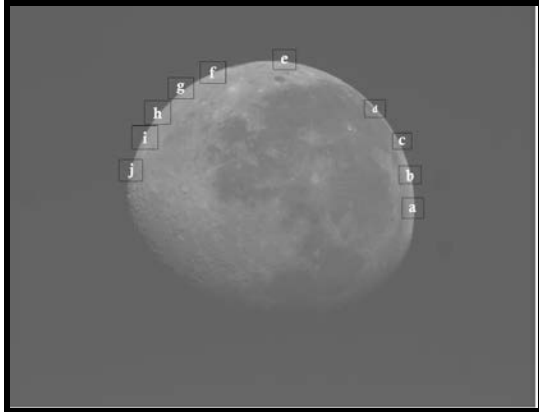
Gambar 22 Peta pengukuran kontras dengan titik sampel pada Bulan

Tabel 5 Daerah pada Bulan yang menjadi titik sampel

Titik Sampel	Nama
A	Sektor G-3, <i>Tycho/Calvius South</i> , <i>Crater Tycho</i> (85 km)
B	Sektor E-5, <i>Sinus Asperitatis West</i> , <i>Crater Theophilus</i> (100 km) dan <i>Crater Cyrillus</i> (98 km)
C	Sektor B-4, <i>Northern Mare Serenitatis</i> , <i>Crater Eudoxus</i> (67 km)
D	Sektor G-4, <i>Maurolycus/Janssen South</i> , <i>Crater Janssen</i> (190 km) dan <i>Crater Fabricius</i> (78 km)
E	Sektor D-3, <i>Mare Insularum/Copernicus</i> , <i>Crater Copernicus</i> (93 km)
F	Sektor B-3, <i>Northern Mare Imbrium</i> , <i>Crater Plato</i> (101 km)
G	Sektor B-3, <i>Northern Mare Imbrium</i> , <i>Crater Aristillus</i> (55 km)
H	Sektor G-5, <i>Mare Asutrale/Southeastern Limb</i> , <i>Crater Metius</i> (88 km)

I	Sektor D-4, <i>Sinus Medii/Sinus Aestuum, Crater Agripa</i> (46 km) dan <i>Crater Godin</i> (35 km)
J	Sektor D-2, <i>Central Oceanus Procellarum/Kepler-Copernicus, Crater Kepler</i> (32 km)

Penulis juga melakukan perhitungan kontras antara citra Bulan dengan cahaya latar belakang langit, dimana titik sampel yang akan dijadikan dasar perhitungan mencakup bagian Bulan dan latar belakang langit, untuk peta titik-titik sampel yang diambil ditunjukkan oleh gambar 22.



Gambar 23 Peta pengukuran kontras dengan titik sampel mencakup Bulan dan latar belakang langit

Metode

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dan observasi. Eksperimen dilakukan untuk mengembangkan peralatan-peralatan sebagai alat bantu yang digunakan dalam pengamatan sabit Bulan dan rancangan rumah teleskop, dan observasi digunakan sebagai penerapan dari peralatan serta perangkat lunak yang dipilih dalam sistem pengamatan.

SIMPULAN DAN SARAN

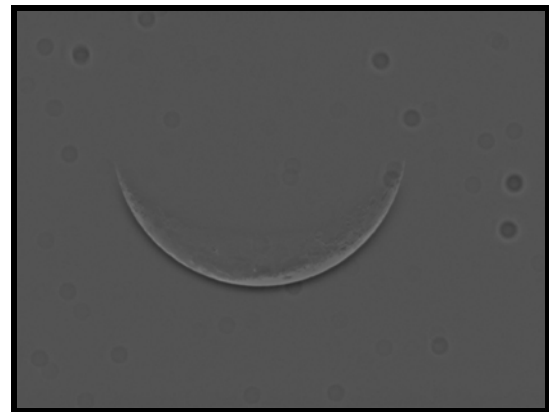
Sistem Pengamatan Sabit Bulan di Siang Hari

Dengan peralatan pengamatan berupa kolektor, analisator dan detektor ditambah dengan rumah teleskop atap ganda geser sekaligus menggunakan perangkat lunak kontrol teleskop dan pengolah citra, diperoleh optimasi sistem pengamatan sabit Bulan di siang hari yang beroperasi dengan baik. Pada pengamatan yang dilakukan, seperti terlihat pada tabel 4 menunjukkan bahwa pengamatan sabit Bulan di siang hari sangat terpengaruh oleh kondisi cuaca. Pada pengamatan tanggal 16 Mei 2015, penulis mendapatkan citra sabit Bulan yang ditunjukkan oleh gambar 24,

dengan usia 27 hari dengan elongasi $+28^{\circ}57'24''$ di Kota Depok ($6^{\circ}23'33.36''$ LS, $106^{\circ}45'42.18''$ BT). Dan jaringan pengamatan sabit Bulan yang tergabung dalam kegiatan Astrofotografi juga melakukan pengamatan di berbagai daerah, seperti dilakukan oleh tim Astrofotografi Universitas Brawijaya Malang, diperlihatkan oleh gambar 25, dengan usia 26 hari dengan elongasi $+37^{\circ}3'29''$ di Malang ($7^{\circ}58'46.92''$ LS, $112^{\circ}37'49.45''$ BT) pada 13 Juli 2015.



Gambar 24 Citra Sabit Bulan pada 16 Mei 2015



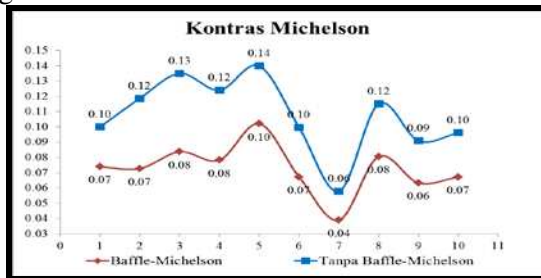
Gambar 25 Citra Sabit Bulan pada 13 Juli 2015 oleh tim Astrofotografi Universitas Brawijaya Malang

Buku petunjuk pengamatan sabit Bulan di siang hari juga dapat diakses oleh masyarakat yang ingin melakukan pengamatan sabit Bulan di siang hari dengan mengunduhnya pada laman website :

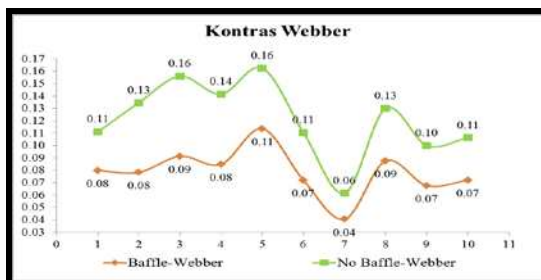
- 1) <http://workshopastrofotografi.com/petunjuk-pengamatan-sabit-bulan-di-siang-hari/>, dan
- 2) <http://adi-damanhuri.blogspot.co.id/2015/08/petunjuk-pengamatan-sabit-bulan-di.html>.

Hasil Penelitian Kontras

Dengan menggunakan formula kontras Michelson, dilakukan analisa dua citra yang memiliki dua modus berbeda, yaitu pertama citra yang diambil dengan tanpa *baffle* dan menghasilkan data kontras seperti terlihat pada grafik berwarna biru pada gambar 26 sedangkan citra kedua diambil menggunakan *baffle* yang ditempelkan pada teleskop dan menghasilkan data kontras seperti terlihat pada grafik berwarna merah pada gambar 26 Dengan citra, titik sampel dan hasil perhitungan yang sama, penulis menggunakan formula kontras Webber untuk analisa kontras dan didapatkan hasil seperti terlihat pada gambar 27.

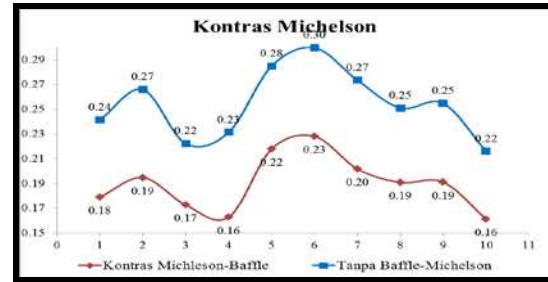


Gambar 26 Grafik hasil analisa kontras Michelson dengan tanpa *baffle* (biru) dan dengan *baffle* (merah) pada modus analisa kesatu

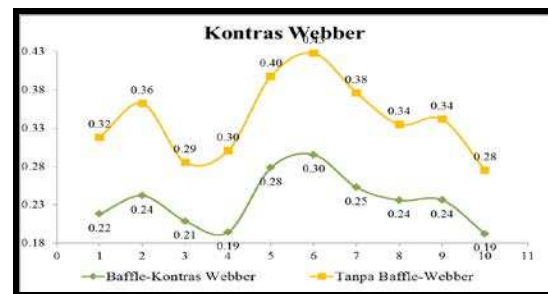


Gambar 27 Grafik hasil analisa kontras Webber dengan tanpa *baffle* (hijau) dan dengan *baffle* (orange) pada modus analisa kesatu

Analisa menggunakan formula kontras Michelson dengan sepuluh sampel titik seperti didapatkan peningkatan kontras dari 2 % hingga 5 %. Sedangkan perhitungan menggunakan formula kontras Webber didapatkan peningkatan dari 2 % hingga 6 %. Penulis juga melakukan perhitungan kontras antara citra Bulan dengan cahaya latar belakang langit, dimana titik sampel yang akan dijadikan dasar perhitungan mencakup bagian Bulan dan latar belakang langit, untuk peta titik-titik sampel yang diambil ditunjukkan oleh gambar 23.



Gambar 28 Grafik hasil analisa kontras Michelson dengan tanpa *baffle* (biru) dan dengan *baffle* (merah) pada modus analisa kedua



Gambar 29 Grafik hasil analisa kontras Webber dengan tanpa *baffle* (orange) dan dengan *baffle* (hijau) pada modus analisa kedua

Dari gambar 28 yaitu grafik hasil analisa kontras menggunakan formula kontras Michelson dan gambar 29 yaitu grafik hasil analisa kontras menggunakan formula kontras Webber memperlihatkan adanya peningkatan kontras antara citra Bulan dengan cahaya latar belakang langit ketika pengamat menggunakan *baffle*. Peningkatan kontras menggunakan formula kontras Michelson dengan sepuluh sampel seperti yang ditunjukkan oleh gambar 28 menunjukkan adanya peningkatan dari 5 % hingga 7 %, sedangkan peningkatan kontras dengan formula kontras Webber pada gambar 29 menunjukkan adanya peningkatan kontras dari 8 % hingga 13 %.

KESIMPULAN

Untuk efektifitas pengamatan sabit Bulan, sistem teleskop ditempatkan pada rumah teleskop. Analisa kontras sabit Bulan dengan filter I memperlihatkan bahwa penggunaan *baffle* dapat meningkatkan kontras di tepi piringan Bulan hingga 13 % (rata-rata 11 %). Dari pengamatan kontras citra sabit Bulan dengan filter I, Kawah Aristillus mempunyai nilai kontras yang paling rendah dibandingkan titik sampel yang lain, dan dapat diteliti lebih lanjut di waktu mendatang. Manual lengkap prosedur penggunaan sistem teleskop, detektor

dan pengolahan citra telah disusun untuk memudahkan pengguna lain melakukan pengamatan sabit Bulan, Manual lengkap prosedur sudah dipublikasikan melalui web <http://workshopastrofotografi.com/petunjuk-pengamatan-sabit-bulan-di-siang-hari/>, dan <http://adi-damanhuri.blogspot.co.id/2015/08/petunjuk-pengamatan-sabit-bulan-di.html>. Sebagai

saran, mengingat pentingnya pengamatan sabit Bulan oleh sebagian besar umat Islam di Indonesia khususnya di bulan-bulan ibadah (*Ramadhan, Syawal, Dzulhijjah*), sudah seharusnya Pemerintah Indonesia membuat observatorium khusus pengamatan sabit Bulan.

Berisi simpulan dan saran. Simpulan memuat jawaban atas pertanyaan penelitian. Saran-saran mengacu pada hasil penelitian dan berupa tindakan praktis, sebutkan untuk siapa dan untuk apa saran ditujukan. Ditulis dalam bentuk essay, bukan dalam bentuk numerikal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Dr. Dhani Herdiwijaya (Kaprodi Astronomi ITB) sebagai dosen pembimbing penulis dalam pengerjaan penelitian dan pengerjaan tesis, dan Bpk. Ir. H. Agus Mustofa (PADMA Press) yang telah bersedia meminjamkan perlengkapan pengamatan berupa 1 set teleskop astrofotografi untuk digunakan dalam penelitian kali ini, dan kepada semua pihak yang telah membantu penelitian penulis yang tidak dapat penulis jabarkan dengan detail.

DAFTAR PUSTAKA

Arditti, D. 2007. Setting-Up a Small Observatory Form Concept to Construction. *Springer*. New York. 43-62.

Buick, T. 2006. How to Photograph the Moon and Planets with Your Digital Camera. *Springer*. New York. 5.

Djamaludin, T. 2014. Problema Rukyat “Hilal” Qobla Ghurub Bisa Terjadi Sebelum Wujudul Hilal. tdjamaludin.worldpres.com, diakses pada 24 Juni 2015.

Doggett, L.E., Schaeffer, B.E. 1994. Lunar Crescent Visibility. *ICARUS* 107. 388-403.

Griffiths, M. 2014. Choosing and Using Astronomical Filters. *Springer*. New York. 9.

Herdiwijaya, D. 2009. Prosedur Sederhana Pengolahan Citra Untuk Pengamatan Hilal. *Prosiding Seminar Nasional Hilal*. Lembang. Jawa Barat. 109-111.

Herdiwijaya, D., Djamal, M., Gunawan, H., Mexsida, Z.A., Mandey, D., Wijaya, R.R. 2010. Developing Telescope Baffle For Increasing Contrast Of The Very Young Lunar Crescent Visibility. *Proceedings of the Thrid International Conference on Mathematical and Natural Sciense*. Bandung. Indonesia. 1214-1220.

Hicks, J. 2008. Building a Roll-Off Roof Observatory A Complete Guide for Design and Construction. *Springer*. New York. 2-9.

Hidayat, T. 2009. Sistem Informasi Hisab-Rukyat. *Prosiding Seminar Nasional Hilal*. Lembang. Jawa Barat. 73-76.

Ilyas, M. 1994. Lunar Crescent Visibility Criterion and Islamic Calendar. *QJRAS*. 35. 425-461.

Izzan, A., Saifullah, I. 2013. Studi Ilmu Falak. *Pustaka Aufa Media*. Tangerang Selatan. 20-21

McLean, I.S. 2008. Electronic Imaging in Astronomy. *Springer*. New York, 1.

Odeh, M.S. 2006. New Criterion fo Lunar Crescent Visibility. *ICOP*.

Roth, G.D. 2009. Handbook of Practical Astronomy. *Springer*. NewYork. 162.

Sakirman. 2012. Analisis Fotometri Kontras Visibilitas Hilal Terhadap Cahaya Syafaq. Tesis Program Pascasarjana Institut Agama Islam Negeri Walisongo Semarang. 26-27.

Sudibyoy, M.M. 2009. Variasi Lokal Dalam Visibilitas Hilaal : Observasi Hilaal di Indonesia pada 2007-2009. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI Jateng & DIY*. 118-122.

_____. 2011. Mengenal Lebih Lanjut Kriteria Visibilitas Hilaal Indonesia. *RHI*.

Utama, J.A., Siregar, S. 2013. Usulan Kriteria Visibilitas Hilal di Indonesia Dengan Model Kastner. *Jurnal Pendidikan Fisika* 9. 197-205.