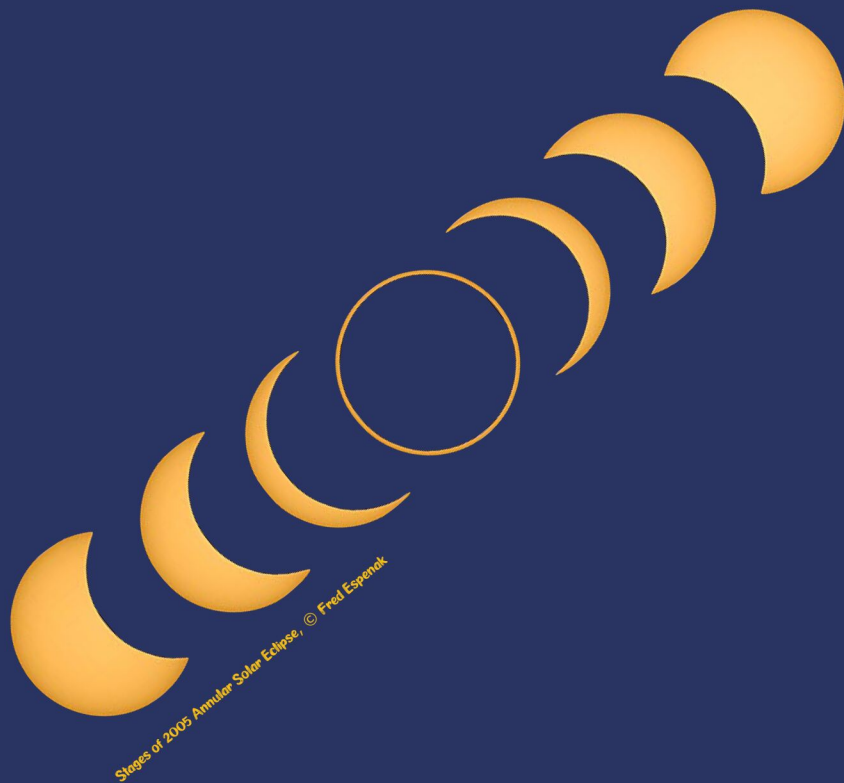


Selamat Menikmati Keindahan Semesta Raya Kita



Stages of 2009 Annular Solar Eclipse, © Fred Espenak



BOOKLET

Serba-serbi Gerhana Matahari Cincin (GMC)
26 Desember 2019 di Indonesia
dan Cara Mengamatinya dengan Aman

Disiapkan oleh :



BOSSCHA
OBSERVATORY
Institut Teknologi Bandung



PENDAHULUAN

Keteraturan gerak pada objek-objek langit membuat gerhana menjadi fenomena yang berulang dan dapat diprediksi kemunculannya. Pada 26 Desember 2019, sebagian kawasan Indonesia akan dapat menyaksikan fenomena Gerhana Matahari Cincin (GMC), sementara kawasan lain yang tidak dilewati jalur cincin akan menyaksikan Gerhana Matahari Sebagian (GMS).

Gerhana Matahari merupakan sebuah fenomena alam. Namun untuk dapat menyaksikan gerhana, seseorang harus mengetahui waktu terjadinya gerhana akan terjadi di satu tempat. Untuk dapat menyaksikan gerhana dengan aman, cara dan alat khusus untuk mengamati gerhana diperlukan disamping cuaca yang cerah. Hal ini membuat kegiatan pengamatan gerhana perlu dipersiapkan sebelum berlangsung.

Buku saku (*Booklet*) ini memberi informasi singkat mengenai GMC 26 Desember 2019, tata cara pengamatan gerhana, dan aktivitas yang dapat dilakukan oleh siswa dan pengajar, yang salah satunya berupa panduan membuat alat pengamatan sederhana. Kami harap buku saku ini dapat membantu menyampaikan materi terkait sistem Bumi-Bulan-Matahari kepada para siswa dan untuk masyarakat umum yang tertarik untuk mengamati gerhana.

Gerhana Matahari

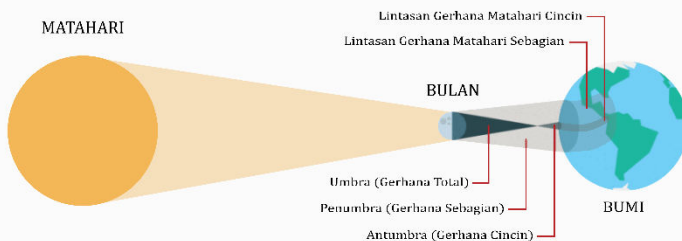
Fenomena gerhana Matahari terjadi saat Bulan melintas tepat di antara Bumi dan Matahari. Bayangan Bulan akan jatuh ke permukaan Bumi dan membuat orang yang berada di bayangan tersebut dapat menyaksikan piringan Matahari yang ditutupi Bulan. Terdapat dua bagian dari bayangan Bulan: bagian berbentuk kerucut dalam yang gelap disebut *umbra* dan bagian luar yang lebih terang disebut *penumbra*. Pengamat pada posisi di dalam *umbra* akan melihat Matahari yang sepenuhnya tersembunyi karena terhalang Bulan, sehingga dapat menyaksikan sebagai gerhana Matahari total. Sedangkan pengamat pada posisi dalam *penumbra* hanya akan melihat gerhana Matahari sebagian/parsial, karena piringan Bulan tidak menutupi Matahari sepenuhnya.

Waktu ketika gerhana pada kondisi puncak (tertutup sepenuhnya) disebut totalitas. Saat Bulan mengorbit Bumi yang juga berputar pada porosnya, bayangan Bulan bergerak melintasi permukaan Bumi dari barat ke timur, dengan *umbra* menelusuri jalan sempit yang disebut jalur totalitas. Untuk setiap lokasi di jalur totalitas, Bulan, dalam periode sekitar satu jam atau lebih, pertama-tama akan tampak menutupi Matahari secara progresif dalam fase parsial gerhana. Ketika *umbra* tiba di lokasi tersebut, Matahari akan sepenuhnya tertutup dan gerhana total akan terjadi. Setelah totalitas, *umbra* bergerak dan piringan Bulan dari lokasi tersebut akan meninggalkan piringan Matahari secara bertahap. Hal ini menandai fase parsial akhir gerhana yang dapat memakan waktu sekitar satu jam setelah totalitas terjadi.

Bayangan *umbra* akan melintasi Bumi dalam jalur yang panjangnya ribuan kilometer, umumnya memakan waktu sekitar tiga jam atau lebih dengan kecepatan hingga beberapa ribu kilometer per jam.

Pada pengamat di permukaan Bumi yang berada di luar jalur totalitas namun dilintasi oleh *penumbra*, Bulan hanya akan menutupi sebagian Matahari, mencapai titik jangkauan maksimum dan kemudian bergerak untuk mengungkap Matahari. Pengamat tersebut dikatakan mengalami sebagian gerhana. Sedangkan pengamat di permukaan Bumi yang tidak dilintasi oleh *penumbra* tidak akan melihat gerhana. Seringkali ditemui *umbra* yang tidak melintasi permukaan Bumi (lewat di atas atau di bawah Bumi dalam ruang) sehingga dapat terjadi gerhana sebagian tanpa totalitas di mana pun.

Matahari dan Bulan dapat tampak berukuran hampir sama di langit, tetapi ukuran sebenarnya sangat berbeda. Matahari berukuran 400 kali lebih besar dari Bulan, tetapi Matahari juga sekitar 400 kali lebih jauh dari Bulan. Kecocokan yang dekat antara ukuran nyata Matahari dan Bulan adalah alasan utama dari beberapa efek spektakuler pada gerhana Matahari total dan juga alasan dari lebar jalur totalitas yang cukup sempit, biasanya tidak lebih dari 270 km. Durasi maksimum dari keseluruhan bagian gerhana bergantung jarak Matahari dan Bulan dari Bumi pada saat itu dan dapat berlangsung dari hanya beberapa detik hingga lebih dari tujuh menit.



Gambar 1. Sketsa terjadinya gerhana Matahari

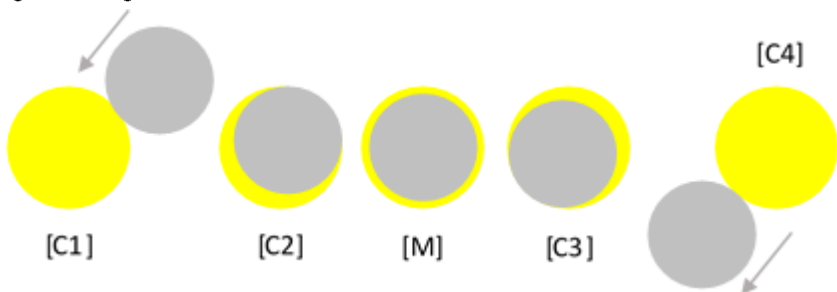
Gerhana Matahari Cincin (GMC)

Bumi mengelilingi Matahari pada orbit yang berbentuk elips, sehingga jarak keduanya tidak tetap dan terdapat jarak terjauh dan jarak terdekat. Kedua jarak tersebut memberikan ukuran relatif piringan Matahari dan Bulan di langit. Kadang-kadang Bulan tampak lebih besar dari Matahari, sehingga Bulan dengan mudah menutupi Matahari saat lewat di depannya dan menyebabkan gerhana Matahari total.

Di lain waktu, Bulan dapat tampak lebih kecil dari Matahari. Ketika Bulan lewat di depan Matahari dalam kondisi ini, Bulan tidak sepenuhnya menutupi Matahari sehingga cincin atau *anulus* dari permukaan cerah Matahari tetap tampak. Fenomena ini disebut gerhana *annular* (bahasa Latin yang bermakna cincin). Langit tidak menjadi sangat gelap dan tidak ada peristiwa spektakuler yang dapat dilihat seperti pada gerhana Matahari total. *Umbra* bayangan Bulan tidak mencapai Bumi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Bagian dari bayangan Bulan yang melampaui ujung *umbra* disebut *antumbra*. Pengamat dalam *antumbra* akan dapat menyaksikan gerhana Matahari cincin/*annular*.

Tahapan Gerhana Matahari

Tahapan gerhana biasanya diistilahkan sebagai kontak gerhana. Gambar 2 menunjukkan empat kontak gerhana untuk gerhana Matahari cincin. Bulan secara progresif menutupi Matahari sampai gerhana cincin singkat dan kemudian secara bertahap mengungkap Matahari. Saat Matahari bergerak melintasi langit, Bulan tampak bergerak pada kecepatan yang lebih lambat yang menyebabkannya bergerak di depan Matahari. Kontak adalah titik di mana tepi Matahari dan Bulan saling bersilangan.



Gambar 2. Ilustrasi tahapan gerhana Matahari cincin.

Terdapat 5 tahap pada proses terjadinya gerhana Matahari cincin di jalur totalitas:

[C1] Kontak pertama — proses gerhana sebagian dimulai. Siluet Bulan mulai terlihat di depan piringan Matahari. Matahari tampak seolah-olah telah ‘tergigit’.

[C2] Kontak kedua — awal totalitas, fase cincin dimulai. Pada waktu-waktu awal terbentuknya cincin, manik-manik Bailey dapat terlihat di tepi siluet Bulan dan tampak dalam rupa seperti butiran cahaya.

[M] Gerhana cincin maksimum — Bulan menutupi tepat di pusat cakram Matahari.

[C3] Kontak ketiga — akhir totalitas, fase cincin berakhir. Bulan mulai bergerak menjauh dari cakram Matahari. Sekali lagi, manik-manik Bailey dapat terlihat di sepanjang tepi siluet Bulan.

[C4] Kontak keempat (C4) — proses gerhana berakhir: Bulan berhenti menimpa piringan Matahari. Gerhana berakhir pada tahap ini.

Pengamat di luar jalur totalitas hanya akan mengalami fase C1, puncak gerhana sebagian, dan fase C4.

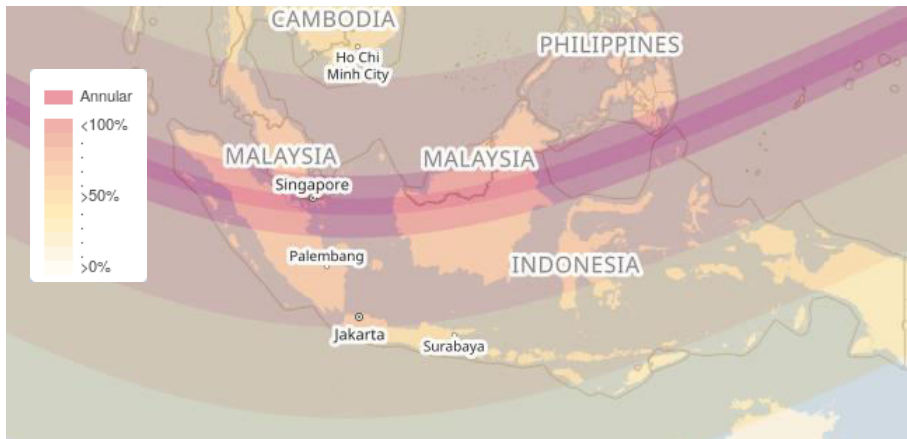
GMC 26 Desember 2019

Fenomena alam yang melibatkan dua objek luar angkasa ini akan terjadi pada 26 Desember 2019. Matahari akan tertutup oleh Bulan, sehingga memunculkan fenomena yang biasa kita sebut sebagai gerhana Matahari. Ketika gerhana Matahari telah sampai puncaknya, suasana akan menjadi lebih gelap seperti malam. Namun dalam beberapa menit setelahnya keadaan seketika menjadi normal kembali. Meskipun gerhana sendiri dapat berlangsung lebih dari tiga jam, kegelapan baru muncul ketika Matahari telah tertutup hingga 70 – 80%, dengan kurun waktu paling lama sekitar 30 menit, mengakibatkan langit terlihat seperti pada sore hari.

Pada puncak gerhana, Matahari akan tertutup Bulan sehingga terlihat berbentuk seperti cincin. Bulan tidak dapat menutup Matahari secara keseluruhan, seperti yang terjadi pada 9 Maret 2016 lalu saat gerhana Matahari total terjadi. Hal ini terjadi karena ukuran tampak Bulan lebih kecil daripada ukuran tampak Matahari, sehingga Bulan tidak dapat menutupi Matahari sepenuhnya dan meninggalkan bentuk cincin saat puncak gerhana.

Terdapat beberapa daerah yang dapat menikmati gerhana Matahari cincin, seperti Batam, Tanjung Pinang, sebagian Provinsi Riau, dan Tanjung Selor di Pulau Kalimantan. Gerhana Matahari Sebagian (GMS) dapat dinikmati di berbagai daerah yang tidak dilintasi jalur totalitas, seperti Bandung dengan persentase tutupan Matahari yang mencapai 69,48%. Daerah lain di Indonesia akan mengalami GMS dengan persentase tutupan Bulan terhadap Matahari antara 35 – 95%.

Indonesia akan mulai menyaksikan gerhana sejak pukul 10:00 WIB di Provinsi Riau dan akan berakhir sekitar pukul 16:00 WITA di timur Kalimantan. Sekitar dua jam setelah gerhana mulai berlangsung di daerah masing-masing, gerhana Matahari cincin akan terbentuk dan menghasilkan fenomena langka yang tidak akan terjadi kembali di Indonesia hingga Oktober 2023.



Gambar 3. Jalur gerhana (GMS dan GMS) pada 26 Desember 2019 di Indonesia.

Data Lokasi dan Waktu Gerhana Matahari Cincin (GMC) 26 Desember 2019

Lokasi	Waktu Gerhana Dimulai	Waktu Gerhana Cincin Dimulai	Durasi Gerhana Cincin	Waktu Gerhana Cincin Berakhir	Waktu Gerhana Berakhir	Ketinggian matahari (pada saat maksimum)
	Kontak 1	Kontak 2	(Menit:Detik)	Kontak 3	Kontak 4	
Pulau Sinabang	10:06 WIB	11:53 WIB	03:12	11:56 WIB	13:54 WIB	62,2 ^o
Singkil	10:10 WIB	11:59 WIB	01:57	12:01 WIB	13:59 WIB	63,4 ^o
Sibolga	10:13 WIB	12:02 WIB	03:22	12:06 WIB	14:03 WIB	64,3 ^o
Padang Sidempuan	10:14 WIB	12:05 WIB	03:25	12:08 WIB	14:04 WIB	64,8 ^o
Duri	10:19 WIB	12:11 WIB	03:26	12:15 WIB	14:10 WIB	65,4 ^o
Perawang	10:21 WIB	12:14 WIB	02:12	12:16 WIB	14:12 WIB	66 ^o
Siak Sri Indrapura	10:22 WIB	12:15 WIB	03:16	12:18 WIB	14:13 WIB	65,8 ^o
Bengkalis	10:22 WIB	12:16 WIB	01:46	12:17 WIB	14:13 WIB	65,1 ^o
Selatpanjang	10:24 WIB	12:17 WIB	03:32	12:21 WIB	14:15 WIB	65,6 ^o
Tanjung Balai Karimun	10:26 WIB	12:20 WIB	03:29	12:23 WIB	14:17 WIB	65,4 ^o
Batam	10:27 WIB	12:22 WIB	03:05	12:25 WIB	14:18 WIB	65,1 ^o
Tanjung Pinang	10:29 WIB	12:24 WIB	03:23	12:27 WIB	14:20 WIB	65,1 ^o
Singkawang	10:43 WIB	12:41 WIB	03:31	12:44 WIB	14:31 WIB	62,1 ^o
Sambas	10:44 WIB	12:43 WIB	01:44	12:44 WIB	14:32 WIB	61,3 ^o
Bengkayang	10:45 WIB	12:43 WIB	03:26	12:46 WIB	14:32 WIB	61,7 ^o
Sanggauledo	10:46 WIB	12:43 WIB	03:11	12:47 WIB	14:33 WIB	62,1 ^o
Putussiau	10:57 WIB	12:55 WIB	01:50	12:57 WIB	14:39 WIB	57,8 ^o
Tanjung Selor	12:14 WITA	14:09 WITA	01:18	14:11 WITA	15:47 WITA	50,9 ^o
Tanjung Redeb	12:14 WITA	14:09 WITA	03:16	14:12 WITA	15:47 WITA	51,4 ^o

Data Lokasi dan Waktu Gerhana Matahari Sebagian (GMS) 26 Desember 2019

Lokasi	Waktu Gerhana Sebagian Dimulai	Waktu Gerhana Maksimum	Area Maksimum Matahari yang Tertutupi	Waktu Gerhana Sebagian Berakhir	Ketinggian matahari (pada saat maksimum)
Banda Aceh	10:03 WIB	11:49 WIB	86,77%	13:49 WIB	58,7 ^o
Medan	10:11 WIB	12:03 WIB	90,17%	14:01 WIB	62,5 ^o
Pekanbaru	10:20 WIB	12:14 WIB	94,17%	14:11 WIB	66,1 ^o
Padang	10:19 WIB	12:11 WIB	89,17%	14:08 WIB	67,5 ^o
Jambi	10:28 WIB	12:23 WIB	88,24%	14:17 WIB	67,8 ^o
Bengkulu	10:26 WIB	12:19 WIB	80,05%	14:13 WIB	70,3 ^o
Pangkal Pinang	10:36 WIB	12:33 WIB	86,73%	14:23 WIB	66,9 ^o
Lampung	10:37 WIB	12:30 WIB	74,98%	14:20 WIB	70,5 ^o
Jakarta	10:42 WIB	12:36 WIB	72,37%	14:23 WIB	69,9 ^o
Bandung	10:46 WIB	12:38 WIB	69,48%	14:24 WIB	69,8 ^o
Palangka Raya	11:02 WIB	12:59 WIB	83,68%	14:40 WIB	58,8 ^o
Surabaya	11:03 WIB	12:55 WIB	66,42%	14:33 WIB	63,8 ^o
Pontianak	10:45 WIB	12:44 WIB	93,33%	14:32 WIB	62,3 ^o
Banjarmasin	12:06 WITA	14:01 WITA	79,26%	15:40 WITA	58,7 ^o
Balikpapan	12:13 WITA	14:08 WITA	84,74%	15:45 WITA	54,3 ^o
Samarinda	12:14 WITA	14:09 WITA	87,04%	15:46 WITA	53,4 ^o
Palu	12:24 WITA	14:16 WITA	82,93%	15:49 WITA	50,1 ^o
Makassar	12:25 WITA	14:14 WITA	68,56%	15:45 WITA	53,4 ^o
Gorontalo	12:35 WITA	14:24 WITA	84,18%	15:53 WITA	45,1 ^o
Manado	12:42 WITA	14:28 WITA	85,19%	15:56 WITA	42,2 ^o

Informasi lengkap untuk mengetahui waktu-waktu tahapan gerhana di lokasi Anda bisa didapatkan dari laman website timeanddate.com/eclipse/map/2019-december-26 (dalam Bahasa Inggris).

MENGAMATI GERHANA

BERBAHAYA melihat Matahari langsung setiap saat, tidak hanya pada saat terjadi gerhana. Selalu gunakan alat atau cara yang tepat untuk mengamati Matahari sepanjang proses gerhana sebagian maupun cincin terjadi.

Penting bagi Anda untuk mempersiapkan diri sebelum mengamati Gerhana Matahari (baik total maupun sebagian). **JANGAN** pernah melihat secara langsung ke arah Matahari dengan mata atau alat bantu optik seperti binokuler maupun teleskop. Intensitas cahaya Matahari yang tinggi dapat mengakibatkan kerusakan pada lapisan retina mata jika ditatap terlalu lama, bahkan dapat mengakibatkan kebutaan permanen. Mata kita merupakan organ penting yang sangat berharga dan tidak tergantikan, sehingga harus dijaga dan dirawat dari bahaya sinar Matahari.

Banyak masyarakat berpikir bahwa menggunakan kacamata hitam atau lembar film yang telah diekspos sudah cukup aman digunakan untuk melihat Matahari, meskipun hal ini tidak benar. Setiap persen dari permukaan Matahari yang masih bersinar memiliki intensitas 10 ribu kali lebih terang dari Bulan purnama, cukup untuk mengakibatkan kerusakan pada jaringan halus di mata.

Meskipun demikian, kita masih dapat menikmati Matahari dengan alat dan cara yang benar dan aman. Beberapa prosedur dan metode dapat digunakan agar kita dapat melakukan pengamatan dengan aman. Pada beberapa halaman berikut akan dijelaskan cara mengamati Matahari dengan aman.

Proyeksi Lubang Jarum



Gambar 4. Contoh penggunaan alat proyeksi lubang jarum sederhana.

Cara yang paling aman mengamati Matahari adalah dengan tidak menatapnya secara langsung. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan proyeksi ke lapisan permukaan tertentu.

Alat proyeksi lubang jarum sederhana dapat dibuat dengan menggunakan 2 buah lembar kertas atau karton, kertas aluminium, selotip, gunting/cutter, dan jarum.

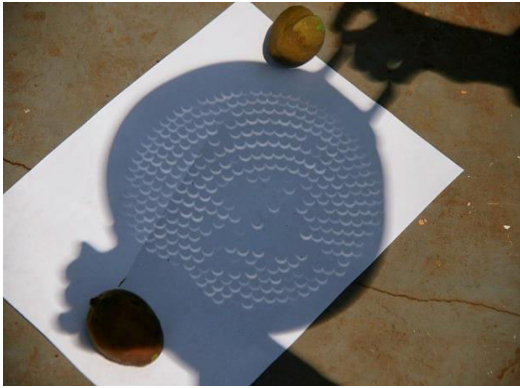
Gambar Matahari yang kita amati akan tampak pada layar proyeksi, seperti pada gambar berikut.



Gambar 5. Proyeksi dari banyak lubang pada selembar kertas.

(<http://ww2.kqed.org/science/wp-content/uploads/sites/35/2014/10/Eclipse-Pinhole-Projector-Jenny-Oh.jpg>)

Saringan



http://i.telegraph.co.uk/multimedia/archive/03238/eclipse_colander_3238754b.jpg

Ini adalah alat yang paling instan dan sederhana yang dapat digunakan sebagai alat pengamatan. Lubang pada saringan akan berfungsi layaknya lubang jarum.

Berdiri membelakangi Matahari sehingga gambar Matahari akan terproyeksi di tanah. Letakan selembar kertas putih sebagai layar proyeksi bila berdiri di atas rerumputan.

Kotak Sepatu dan Kardus

Teknik lubang jarum diaplikasikan pada kotak sepatu dan kardus berbagai ukuran.



UNAWA Indonesia



Proyeksi di bawah pepohonan

Ruang diantara dedaunan pada sebuah pohon merupakan lubang jarum yang alami dan dapat digunakan sebagai proyeksi gambar Matahari.



<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/nave/html/y84/img84/dogwimg.jpg>
http://www.hartao.ac.za/other/eclipse2002/tree_shadows.jpg

Kacamata Matahari



Cara lain untuk mengamati Matahari adalah dengan pengamatan langsung menggunakan alat khusus seperti kacamata Matahari. Kacamata Matahari menggunakan lapisan penapis (*filter*) khusus. Jangan sekali-kali menggunakan kertas lapis lain sebagai pengganti penapis khusus. Meskipun kertas film, piringan disket, atau kacamata hitam dapat membuat Matahari terlihat lebih redup, benda-benda tersebut tidak menapis cahaya yang cukup kuat serta tetap melewatkan cahaya tidak tampak seperti infra-merah dan ultra-violet yang berbahaya bagi mata.

CARA MENGGUNAKAN KACAMATA MATAHARI :

- Tempelkan kacamata pada mata, baru arahkan kepala menghadap ke posisi Matahari di langit.
- Lakukan pengamatan dengan kacamata ini, namun tidak lebih dari 3 menit berturut-turut. Istirahatkan mata Anda sebelum kembali mengamati Matahari.
- Bekali diri dengan topi atau pelindung kepala lain saat berdiri di bawah terik Matahari.



Kredit gambar: UNAWE Indonesia
<https://i.ytimg.com/vi/zAOgJZOLjPM/maxresdefault.jpg>
<https://www.prlog.org/11835192-eclipse-glasses.jpg>

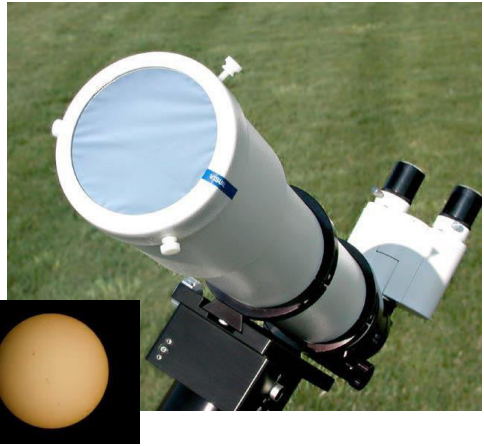
Teleskop atau Binokuler



JANGAN pernah mengarahkan teleskop atau binokuler untuk digunakan mengamati Matahari secara langsung! Kedua alat ini menggunakan lensa atau cermin yang berfungsi mengumpulkan cahaya dari objek langit untuk difokuskan pada area yang sangat kecil. Objek langit seperti bintang dan nebula adalah sumber cahaya yang sangat redup dilihat dari Bumi sehingga membutuhkan teleskop secara langsung, namun lain halnya dengan Matahari.

Menggunakan teleskop atau binokuler secara langsung untuk mengamati Matahari ibarat menggunakan kaca pembesar yang diarahkan ke Matahari untuk membakar kertas atau daun kering, namun dalam kasus ini mata kita menggantikan kertas tersebut.

Teleskop dan binokuler dapat digunakan mengamati Matahari secara tak langsung dengan mengaplikasikan teknik proyeksi. Bila akan digunakan untuk mengamati secara langsung, teleskop/binokuler harus dilengkapi dengan filter Matahari yang diletakkan pada bagian depan lensa alat tersebut.



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ae/Madrid_sun_eclipse1.jpg
<http://figures.boundless.com/16558/full/figure-2026-06-02.jpeg>

Jangan menggunakan bahan penapis pada kacamata Matahari untuk digunakan pada binokuler atau teleskop, kecuali bila memang kertas tersebut telah khusus dirancang untuk hal tersebut. Banyak jenis kertas penapis yang tidak cocok digunakan untuk teleskop karena saat terpapar cahaya matahari dalam waktu yang lama akan menyebabkan *overheating* (panas) dan menimbulkan keretakan pada kertas penapis. Bila muncul retak atau lubang, cahaya matahari akan tembus langsung dan terfokuskan ke mata kita. Pastikan selalu filter yang digunakan sesuai dengan peruntukannya.

BAHAYA Mengamati Matahari dengan Mata

Mata adalah organ kompleks penuh dengan jaringan halus yang terhubung satu sama lain. Cahaya akan masuk melalui lubang kornea dan jatuh di lapisan retina. Mengekspos retina dengan cahaya intensitas tinggi seperti cahaya Matahari dapat merusak sel batang dan kerucut mata, sehingga dapat mengakibatkan hilangnya kemampuan merespon stimulus visual dan melihat yang dapat berlangsung sementara hingga permanen.

Bila seseorang menatap langsung Matahari dalam waktu yang lama, kerusakan mata dapat muncul dan disertai dengan cedera termal. Cahaya visual tingkat tinggi dan inframerah-dekat dapat menimbulkan panas yang membakar jaringan halus. Kerusakan sel batang dan kerucut menyebabkan area buta kecil pada mata.

Bayangkan pandangan penuh dengan bintik hitam sesaat ketika masuk ke dalam ruangan setelah berada di luar dengan terik Matahari. Bintik hitam itulah yang disebut area buta. Area buta yang ditimbulkan ini akan bertahan dalam waktu beberapa jam hingga hitungan minggu. Efek pada pandangan visual seperti ini dapat muncul beberapa jam setelah kerusakan terjadi.

Perhatikan!

SELALU GUNAKAN ALAT ATAU TEKNIK YANG TEPAT SAAT
MENGAMATI MATAHARI DAN **SELAMA** PROSES GERHANA
MATAHARI SEBAGIAN DAN CINCIN TERJADI



<http://www.product-reviews.net/wp-content/uploads/Solar-eclipse-March-safety.jpg>

Mata kita tidak dapat membedakan kondisi matahari apakah sedang terjadi gerhana atau tidak. Cahaya Matahari akan masih terlampau kuat untuk dapat dikesani langsung walaupun sedang dalam tahapan puncak gerhana.

AKTIVITAS TERKAIT GERHANA MATAHARI

- **UKURAN TAMPAK**
- **MEMBUAT ALAT PROYEKSI LUBANG
JARUM**
- **MATEMATIKA DALAM GERHANA**

Ukuran Tampak

Usia
4-6 tahun

Level
Pendidikan Dasar

Waktu
15 menit

Aktivitas

Mengamati ukuran bola di lantai atau di atas meja pada jarak yang berbeda untuk memahami mengapa beberapa objek langit terlihat besar dibandingkan dengan yang lain, dan memahami bagaimana gerhana dapat terjadi.

Alat & Bahan

- ➔ 3 buah bola berukuran sama.
- ➔ Satu buah bola berukuran besar (sekitar 2 kali lebih besar).

Tujuan

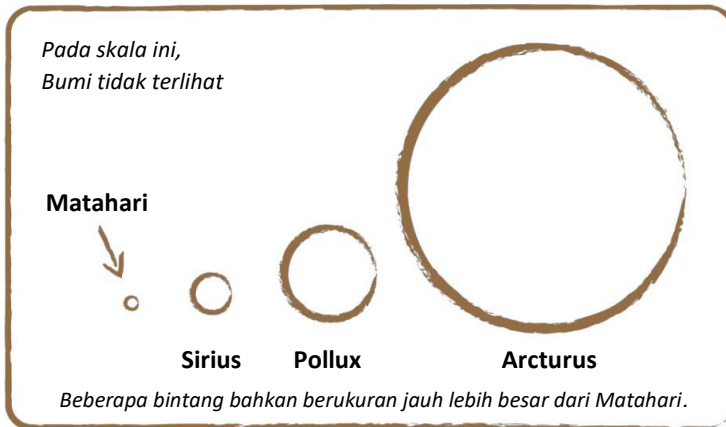
Mempelajari bagaimana Bulan terlihat sama besar dengan Matahari di langit dan mengapa Matahari terlihat jauh lebih besar dari bintang-bintang yang lain.

Penjelasan Sains

Walaupun Matahari tampak seperti bintang yang paling besar, sebenarnya ukuran matahari tidak jauh berbeda dengan bintang-bintang lain yang kita lihat di langit malam. Matahari tampak begitu besar karena jaraknya sangat dekat dengan kita dibanding dengan bintang-bintang lain yang amat jauh dari Bumi. Karena jaraknya yang terlalu jauh, bintang akan tampak sangat kecil dan lebih redup. Bila kita dapat menempatkan Matahari dan bintang-bintang lain pada jarak yang sama dari kita, terang Matahari dapat dikatakan pada tingkat pertengahan, tidak terlalu redup namun tidak juga terlalu terang. Karena ukuran terang dapat berbeda, astronom membedakan antara “terang tampak” dengan “terang nyata” dari sebuah benda langit.

Bulan bahkan sangat dekat dari Bumi dibanding Matahari. Karena lebih dekat, Bulan terlihat sama besarnya di langit walaupun ukuran sebenarnya jauh lebih kecil. Besarnya ukuran Bulan yang tampak sama dengan Matahari merupakan faktor kebetulan. Matahari berukuran 400 kali lebih besar dari Bulan, namun Matahari 400 kali lebih jauh jaraknya dari Bumi dibandingkan jarak Bulan dari Bumi. Hal ini memberikan sebuah efek yang menarik: saat terjadi gerhana

Matahari total, saat Bulan berada tepat diantara Matahari dan Bumi, Bulan dapat menutupi seluruh piringan Matahari. Hal ini tentu tidak dapat terjadi bila Bulan berukuran sedikit lebih kecil atau berada pada jarak yang lebih jauh dari Bumi.



Taha

- rbeda-beda, misal 1 meter, 5 meter, dan 10 meter dari tempat mengamati. Minta anak-anak untuk melihat bola tersebut dari posisi yang sejajar dengan bola.
- Tanyakan kepada mereka bola mana yang terlihat lebih besar dilihat dari tempat mereka mengamati. Bukankah ketiga bola yang diletakkan berukuran sama besar? Ternyata, semakin jauh sebuah objek diletakkan dari kita, semakin kecil ia akan kelihatan.
- Letakkan bola besar dan bola kecil berdampingan pada jarak sekitar 1 meter dari anak-anak. Bagaimana bola kecil dapat menutupi bola besar?
- Letakkan bola besar pada jarak 1 meter lebih jauh dari bola kecil. Pada jarak ini, bola kecil (Bulan) menutupi sepenuhnya bola besar (Matahari). Karena ukuran bola dua kali lebih besar, kedua bola akan tampak sama besar bila jarak yang besar 2 kali lebih jauh dari bola kecil.

Sumber: UNawe Universe in A Box Activity Book

Membuat Proyeksi Lubang Jarum Sederhana

Aktivitas

Mengamati Matahari langsung sangat berbahaya bagi mata. Salah satu metode yang paling aman untuk mengamati Matahari adalah dengan proyeksi. Aktivitas ini menggambarkan bagaimana kita dapat membuat alat sederhana dan efektif untuk mengamati Matahari memanfaatkan teknik lubang jarum. Modul ini memperlihatkan beberapa desain alternatif alat pengamatan lubang jarum yang dapat dibuat dengan lebih efektif.

Tujuan

Membuat alat sederhana yang dapat digunakan untuk

- Menjelaskan bagaimana bayangan terbentuk melalui teknik lubang jarum.
- Mengamati Matahari dan tahap-tahap Gerhana Matahari melalui teknik proyeksi.

Penjelasan Sains

Pengamatan yang aman harus dipersiapkan saat kita ingin mengamati Matahari. Mata kita akan bereaksi secara alami saat terpapar cahaya yang cukup terang. Matahari adalah sumber cahaya yang memiliki intensitas yang tinggi. Pancaran energinya terbentang dalam pancaran spektrum gelombang elektromagnetik. Mata manusia sendiri hanya dapat melihat cahaya pada panjang gelombang cahaya tampak saja. Cahaya intensitas tinggi pada gelombang UV akan tetap masuk ke mata, yang bila terpapar dalam waktu yang lama akan mengakibatkan kerusakan mata.

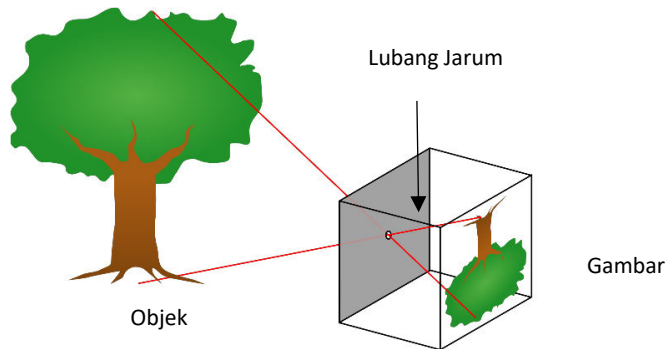
Metode melihat Matahari yang paling aman adalah dengan melihat proyeksi gambarnya. Metode lubang jarum merupakan teknik pembentukan gambar dengan mengaplikasikan lubang kecil tempat masuknya cahaya dari sumber cahaya atau objek yang ingin dilihat.

Sebuah sumber cahaya akan memancarkan cahaya ke segala arah. Berkas-berkas cahaya akan bergerak lurus sampai ia menabrak medium lain dan kemudian dibelokkan atau diserap. Objek dan lingkungan sekitar dapat kita lihat karena ada sejumlah cahaya yang masuk ke dalam mata kita. Mata kita memiliki

lubang bukan tempat seluruh cahaya dilewatkan dan kemudian jatuh pada lapisan retina di belakang mata.

Pada metode lubang jarum, cahaya yang datang dari sebuah objek hanya akan diteruskan melalui sebuah lubang yang kecil saja. Pembentukan gambar melalui teknik lubang jarum dimungkinkan karena sifat cahaya yang bergerak lurus. Cahaya yang datang dari setiap titik pada objek hanya akan dilewatkan secara selektif melalui lubang yang kecil saja untuk kemudian bayangannya akan jatuh pada sisi disebaliknya.

Cahaya dari bagian bawah objek akan melewati lubang dan jatuh di bagian atas layar proyeksi dan begitu pula sebaliknya. Cahaya dari bagian kanan objek akan masuk dan terproyeksikan di bagian kiri layar. Hal ini membuat bayangan yang terbentuk menjadi terbalik.



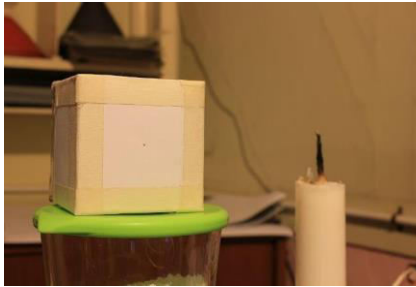
Proses pembentukan gambar dengan lubang jarum. Tiga komponen yang penting adalah sumber cahaya/objek, lubang, dan layar

(<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3b/Pinhole-camera.svg/2000px-Pinhole-camera.svg.png>)

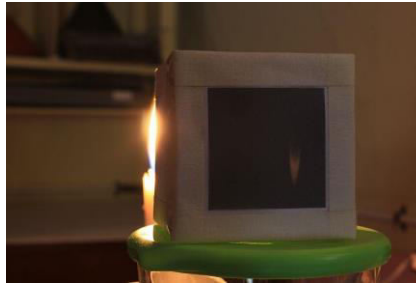
Beberapa karakteristik gambar hasil proyeksi akan dihasilkan melalui metode lubang jarum ini, diantaranya adalah tingkat ketajaman gambar yang dihasilkan akan jauh berbeda dibandingkan gambar yang dihasilkan dengan alat optik seperti lensa atau cermin. Lensa dan cermin berfungsi mengumpulkan cahaya dan memfokuskannya ke area yang kecil sehingga gambar akan teramati lebih terang.

Pada lubang jarum cahaya yang dilewatkan akan disebarkan ke area berbentuk kerucut sehingga tingkat ketajaman dan terangnya gambar yang dihasilkan akan bergantung kepada jarak layar proyeksi ditempatkan dari lubang. Semakin jauh

jarak layar proyek, gambar akan semakin redup dan tidak tajam. Selain itu, semakin kecil ukuran lubangnya akan menghasilkan gambar yang semakin jelas, sampai pada ukuran yang terlalu kecil faktor difraksi menjadi penting.

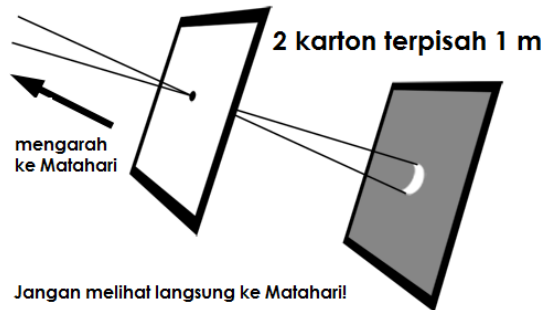


Kredit: UNAWE Indonesia



Gambar di atas adalah contoh kotak lubang jarum sederhana dari kertas manila berukuran 5cm dengan lubang dan layar menggunakan kertas kalkir semi—transparan. Gambar kanan menampilkan bagaimana pembentukan gambar pada layar kotak lubang jarum.

LUBANG JARUM PADA PENGAMATAN MATAHARI



Kredit: Hana Pertiwi

Teknik pembentukan gambar dengan lubang jarum dapat kita aplikasikan untuk mengamati Matahari. Kita ibaratkan Matahari sebagai sumber cahaya yang akan diproyeksikan ke sebuah layar.

Dengan teknik ini kita akan mengamati gambar Matahari pada layar. Diameter gambar Matahari yang terbentuk akan bergantung kepada persamaan

$$\frac{\text{Diameter Matahari}}{\text{Jarak Matahari}} = \frac{\text{Diameter Gambar Matahari}}{\text{Jarak Layar Proyeksi}}$$

dengan diameter Matahari (ekuator) = 1.392.530 km

dan jarak rata – rata Matahari = 149.597.870 km.

Dari persamaan di atas, diameter Matahari yang dihasilkan akan semakin besar bila kita membuat jarak layar semakin jauh dari lubang. Namun perlu diperhatikan semakin jauh, luas area bayangan semakin besar sehingga tingkat terangnya gambar akan menurun. Untuk jarak layar 1 m akan menghasilkan gambar Matahari berdiameter 0,92 cm saja.

Lakukan eksperimen dengan berbagai ukuran jarak proyeksi dan bentuk alat proyeksi lubang jarum untuk menghasilkan gambar proyeksi Matahari yang cukup memuaskan. Berikut beberapa aktivitas mengamati dengan membuat alat proyeksi sederhana.

I. Membuat Proyeksi Lubang Jarum

Membuat alat proyeksi lubang jarum memerlukan dua komponen utama, lubang kecil tempat cahaya dari sumber akan masuk, serta layar sebagai tempat proyeksi bayangan jatuh.

Alat & Bahan

- Kertas duplex
Kertas dapat diganti dengan HVS, kertas manila, kardus.
- Kertas aluminium
Bila kertas sulit diperoleh dapat menggunakan bagian dalam kertas bekas bungkus permen atau lapisan dalam dari kotak minuman dalam kemasan tetrapak
- Infraboard hitam untuk alas tempat terproyeksikannya bayangan.
Material ini dapat diganti dengan bahan kertas lainnya.
- Cutter
- Jarum
- Selotip



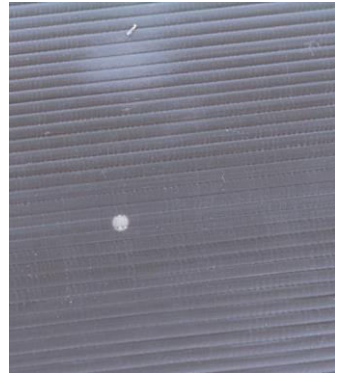
Tahapan aktivitas

- Buat lubang jendela berbentuk segi empat di tengah kertas duplex. Ukuran jendela ini harus dapat ditutupi oleh kertas aluminium.
- Tutup jendela segi empat pada duplek dengan kertas aluminium, lalu rekatnya sisi-sisinya dengan selotip.
- Dengan menggunakan jarum, buat lubang di tengah kertas aluminium. Tusukkan jarum satu kali saja dan jangan membuat lubang yang terlalu besar. Alat siap digunakan.



Cara Menggunakan

- Bawa material yang telah selesai dibuat ke luar. Tempatkan karton infraboard atau layar proyeksi di tanah dan pegang kertas beraluminium di atas layar.
- Berdiri membelakangi arah Matahari dan sesuaikan posisi layar sehingga sejajar dengan arah cahaya Matahari dan bayangan terproyeksikan pada layar di bawah.
- Posisikan layar dengan lubang sedemikian rupa hingga membentuk bayangan Matahari paling tajam. Amati Matahari pada layar.



Kredit: UNAWE Indonesia

Lakukan eksperimen dengan mengganti jarak antara kedua kertas. Perhatikan bagaimana bayangan Matahari berubah dengan bertambahnya jarak antar kertas.

2. Membuat Kotak Sepatu Lubang Jarum

Usia
7+

Level
Umum

Waktu
15 menit

Aktivitas

Mengamati langsung Matahari dapat menjadi aktivitas yang tidak hanya menyenangkan, namun juga membuka jendela pemahaman akan karakteristik Matahari. Metode paling aman dalam mengamati Matahari adalah dengan melalui proyeksi. Dengan bahan yang tersedia di rumah, kita dapat membuat instrumen proyeksi sederhana untuk digunakan mengamati Matahari. Instrumen ini menggunakan prinsip lubang jarum yang tidak memerlukan alat optik seperti lensa atau cermin.

Alat & Bahan

- ➔ Kotak sepatu bekas.
Selain itu dapat digunakan kardus bekas atau kotak semacamnya. Perhatikan ukuran bayangan yang akan terbentuk dari ukuran kotak yang digunakan (1 m jarak proyeksi menghasilkan 1 cm diameter Matahari).
- ➔ Kertas aluminium 5 x 5 cm.
Bila kertas sulit diperoleh, dapat menggunakan bagian dalam kertas bekas bungkus permen atau lapisan dalam dari kotak minuman dalam kemasan *tetrapack* (kotak susu atau minuman UHT).
- ➔ Kertas putih ukuran 5 x 5 cm.
Kertas ini akan digunakan sebagai layar proyeksi, ukurannya dapat menyesuaikan dengan area dinding kotak yang digunakan.
- ➔ Cutter
- ➔ Jarum
- ➔ Selotip

Tujuan

Dapat membuat alat untuk melakukan pengamatan Matahari mandiri berdasarkan prosedur yang benar.

Tahapan aktivitas

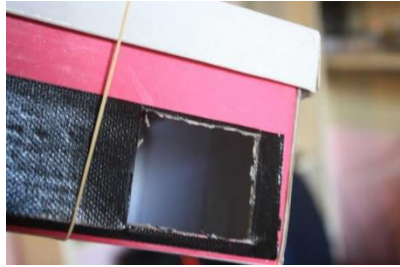
1. Pada satu sisi kotak, buat lubang dengan ukuran 4x4 cm. Pastikan kertas aluminium yang dimiliki dapat menutupi lubang ini.
2. Tempelkan kertas aluminium pada lubang yang telah dibuat. Rekatkan sisi-sisi dengan selotip.



3. Tempelkan kertas putih pada sisi dalam kotak yang berseberangan dengan lubang yang sebelumnya kita buat. Kertas ini akan bekerja sebagai layar proyeksi tempat gambar proyeksi jatuh.



4. Untuk jendela pengamatan, buat lubang berukuran sekitar 4 x 4 cm pada sisi panjang kotak.



5. Buat lubang tempat cahaya masuk pada lapisan aluminium dengan menggunakan jarum. Pastikan posisi lubang berada ditengah-tengah dan lubang tidak terlalu besar.
6. Tutup kotak dan rekatkan tutup dengan selotip atau karet gelang agar aman.
7. Kotak siap digunakan.



Cara Menggunakan

Cahaya matahari akan masuk melalui lubang dan jatuh pada kertas putih di dalam kotak. Intip bayangan Matahari pada kerjas proyeksi melalui lubang mengamati. (lihat halaman berikut)

Dengan kotak sepatu, gambar proyeksi Matahari yang terbentuk tidak akan terlalu besar (~0,5 cm) namun cukup untuk dikesani bagaimana perubahan piringan saat proses gerhana terjadi.



Posisikan kotak sepatu dengan lapisan aluminium mengarah ke Matahari. Posisikan kotak sejajar dengan arah sinar Matahari sehingga dihasilkan gambar Matahari pada dinding proyeksi.



Kredit: UNAWE Indonesia

Aktivitas Lanjutan

Berbekal tripod kamera kecil, pasang kotak sepatu pada pelat dengan membuat lubang pada kotak untuk sekrup ulir. Pasang baut untuk mengunci posisi kotak pada pelat.

Pasangkan kotak ke kepala tripod, kemudian kunci. Instalasi selesai dan instrumen siap untuk digunakan.



Dengan instalasi sederhana menggunakan tripod kamera, kotak lubang jarum dapat lebih mudah diarahkan.

Beragam Kotak

Untuk dapat mengamati Matahari dengan teknik lubang jarum, kita dapat menggunakan berbagai jenis kotak dan ukuran.



Kredit: UNAWE Indonesia



Tidak ada batasan ukuran kotak yang dapat digunakan. Penambahan jarak proyeksi akan diikuti oleh bertambahnya diameter gambar proyeksi, namun ketajaman dan terang gambar akan berkurang. Untuk mendapatkan ukuran gambar yang jelas di bidang proyeksi, gunakan persamaan

$$\text{DIAMETER GAMBAR MATAHARI} = \text{JARAK LAYAR} \times 0,0093$$

Gambar akan terbentuk bila posisi kotak sudah tepat sejajar dengan Matahari. Untuk menemukan Matahari terkadang tidak selalu mudah, latih kemampuan mengarahkan (*pointing*) dengan mengarahkan kotak pada sumber cahaya yang lain seperti lampu.

HATI-HATI bila melakukan pengamatan di bawah terik sinar Matahari. Jangan melakukan pengamatan terlalu lama, berhentilah sejenak kemudian lanjutkan kembali. Jangan lupa untuk lindungi kepala dengan menggunakan topi atau berdiri di tempat terlindungi. **Selamat berkreasi dan semoga hari cerah!**

3. Matematika dalam Gerhana

Memeriksa segitiga sama sisi dengan melihat hubungan Bumi, Bulan, dan Matahari

Usia
12-18 tahun

Level
Menengah +

Waktu
30 menit

Aktivitas

Secara kasat mata, ukuran Matahari dan Bulan saat dilihat dari Bumi cukup membingungkan. Namun demikian manusia selalu dibuat terpesona setiap kali terjadi gerhana. Di masa lampau, gerhana dapat menjadi hal yang menakutkan sekaligus membuat takut serta memberi dampak besar kepada manusia dalam hal kepercayaan keagamaan. Hubungan jarak Bulan dan Matahari dari Bumi kemudian dijelaskan menggunakan segitiga sama sisi yang telah dimengerti sejak 2.200 tahun yang lalu, dimana seorang ilmuwan asal Yunani bernama Aristarchus memperkirakan jarak ke Bulan dengan memanfaatkan fenomena gerhana Matahari. Aktivitas ini akan melatih siswa dalam mempelajari karakter segitiga sama sisi dan menggunakan apa yang mereka temukan ke dalam konsep Gerhana.

Alat & Bahan

- ➔ 1 bola tenis (sebagai Matahari)
- ➔ 1 bola basket
- ➔ 1 bola pingpong (sebagai Bulan)
- ➔ 1 penggaris sepanjang 30 cm
- ➔ 1 meteran sepanjang 1 m
- ➔ 1 kelereng

Tujuan

Siswa akan mengamati apa yang terjadi saat Gerhana dan menghubungkan dengan segitiga sama sisi.

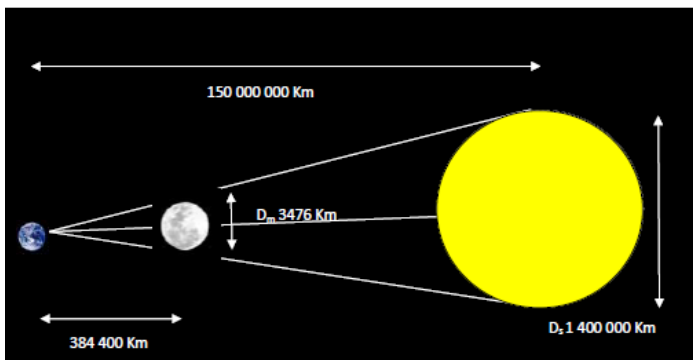
Penjelasan Sains

Ukuran tampak Bulan dan Matahari menjadi jelas terlihat sama besar ketika terjadi totalitas gerhana saat gerhana Matahari total. Namun hal ini terjadi karena perbandingan jarak ke Bulan dan Matahari serta perbandingan diameter Bulan dan Matahari memiliki nilai yang hampir sama. Hal ini tidak selalu terjadi karena jarak Bulan ke Bumi selalu bertambah secara perlahan dalam jangka waktu jutaan tahun.

Jarak rata-rata Bumi ke Bulan saat ini adalah 384.400 km dan jarak rata-rata Bumi ke Matahari adalah 150.000.000 km. Diameter Bulan adalah 3.476 km dan diameter Matahari adalah 1.400.000 km. Dengan menggunakan perbandingan jarak dari Bumi ke Matahari dibandingkan dengan jarak dari Bumi ke Bulan kita akan mendapatkan nilai mendekati 400. Perbandingan diameter juga menghasilkan nilai yang sama yaitu 400. Nilai perbandingan yang mirip ini menghasilkan sebuah fenomena yaitu gerhana Matahari total, saat Bulan berukuran sama besar hingga dapat menutupi Matahari sejenak.

Tahapan aktivitas

Siswa bisa menyelidiki perbandingan yang mirip ini dengan mengikuti aktivitas berikut.



1. Minta siswa untuk mengurutkan semua bola berdasarkan ukurannya dari yang terbesar sampai terkecil dan ukur diameter setiap bola (bola tenis, bola

pingpong dan bola basket) dalam cm. Tuliskan hasilnya dalam lembar isian siswa bagian A.

2. Minta siswa untuk mengambil bola pingpong dan letakkan pada jarak 25 cm dari mata. Mata disini sebagai Bumi. Kemudian siswa tersebut akan menutup sebelah matanya dan memegang bola tenis pada tangannya yang lain dan menempatkan bola tenis pada jarak tertentu sehingga terlihat sebesar bola pingpong.
3. Minta siswa lain mengukur jarak dari Bumi (mata anggota 1) ke bola pingpong menggunakan meteran. Hasil pengukuran dituliskan pada lembar kerja bagian A (dalam cm).
4. Ukur jarak dari mata (Bumi) ke bola tenis.
5. Menyelesaikan perhitungan yang ada pada lembar kerja bagian A.

Lembar Kerja Siswa : Bagian A

Diameter bola pingpong : _____ cm

Diameter bola tenis : _____ cm

Diameter bola basket : _____ cm

Jarak mata ke bola pingpong : _____ cm

Jarak mata ke bola tenis : _____ cm

Hitung perbandingan berikut ini (sampai satu angka dibelakang koma)

1. $\frac{\text{Diameter bola tenis}}{\text{Diameter bola pingpong}} = \underline{\hspace{2cm}}$

2. $\frac{\text{Jarak mata ke bola tenis}}{\text{Jarak mata ke bola pingpong}} = \underline{\hspace{2cm}}$

Apa kesimpulan yang didapat dari kedua nilai perbandingan di atas?

Apakah persamaan di bawah ini benar? Jelaskan!

$$\frac{\text{Diameter bola tenis}}{\text{Diameter bola ping pong}} = \frac{\text{Jarak mata ke bola tenis}}{\text{Jarak mata ke bola ping pong}}$$

Dengan mengetahui diameter bola basket, tentukan jarak dari bola basket dan dari orang yang berperan sebagai Bumi, sehingga keduanya tampak memiliki ukuran yang sama! Tentukan persamaan untuk menentukan jarak tanpa harus melakukan percobaan di atas!

Seakurat apakah perhitungan yang kamu hasilkan dibandingkan dengan pengukuran jarak sebenarnya antara bola basket dengan orang sebagai Bumi?

Mengapa orang yang sebagai Bumi harus menjadi orang yang sama pada kedua keadaan?

Kegiatan lanjutan A

1. Dengan menggunakan kelereng dan informasi tentang ukuran Bulan dan Matahari berserta perbandingan diameter dan jaraknya dari Bumi, tentukan ukuran Matahari jika Bulan digantikan oleh kelereng.
2. Tentukan jarak kelereng dari benda yang digunakan sebagai Matahari jika kita ingin membuat sistem Bumi, Bulan, dan Matahari yang lebih kecil.
3. Temukan masalah yang akan ditemui jika model Matahari kita buat dari karton. Temukan cara untuk menggambarkan situasi dari hasil yang baru saja dihitung dan gunakan gambaran elips pada sistem Tata Surya yang dipakai. Akan dibutuhkan benda lain untuk menggantikan kelereng yang harus berukuran lebih kecil untuk aktivitas ini.

Kegiatan lanjutan B

1. Lebih dari 2.200 tahun yang lalu, seorang matematikawan asal Yunani bernama Eratosthenes menggunakan segitiga sama sisi untuk menentukan lingkaran Bumi. Dia menemukan bahwa Matahari pada saat sore hari di titik balik Matahari di musim panas, sinar Matahari akan bersinar menuju dasar sumur di kota Syene (sekarang dikenal Aswan, Mesir).
 - a. Bagaimana Eratosthenes dapat menyelesaikan perhitungannya dan menjelaskan solusi tersebut sebagai ukuran lingkaran Bumi?
 - b. Buatlah catatan keterbatasan pada metode ini.

Kegiatan lanjutan C

Gunakanlah informasi dari siaran “*What if the Moon did not exist?*” pada program podcast astronomi *365daysofastronomy* untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan Bulan untuk dapat menutupi 75% piringan Matahari. Program dapat diakses pada tautan berikut,

<http://cosmoquest.org/x/365daysofastronomy/2009/03/28/march-28th/>

Sumber :

Modul ini diadaptasi dari bagian AAQ/STAQ (asosiasi astronomi Queensland/ asosiasi guru di Queensland) buklet untuk guru (<http://www.eclipse.aaq.org.au/>)