

# Peraga Bintang, Matahari dan Bulan

**Rosa M. Ros, Francis Berthomieu**

International Astronomical Union, Technical University of Catalonia (Barcelona, Spain), CLEA (Nice, France)

## Ringkasan

Lembar kerja ini menyajikan sebuah metode sederhana untuk menjelaskan bagaimana gerakan bintang, matahari dan bulan yang diamati dari berbagai tempat yang berbeda di bumi. Prosedurnya terdiri dari bangunan model sederhana yang memungkinkan kita untuk memperagakan bagaimana gerakan bintang, matahari dan bulan diamati dari lintang yang berbeda.

## Tujuan

- \* Memahami gerakan bintang dilihat dari lintang yang berbeda
- \* Memahami gerakan matahari dilihat dari lintang yang berbeda
- \* Memahami gerakan dan bentuk bulan dilihat dari lintang yang berbeda

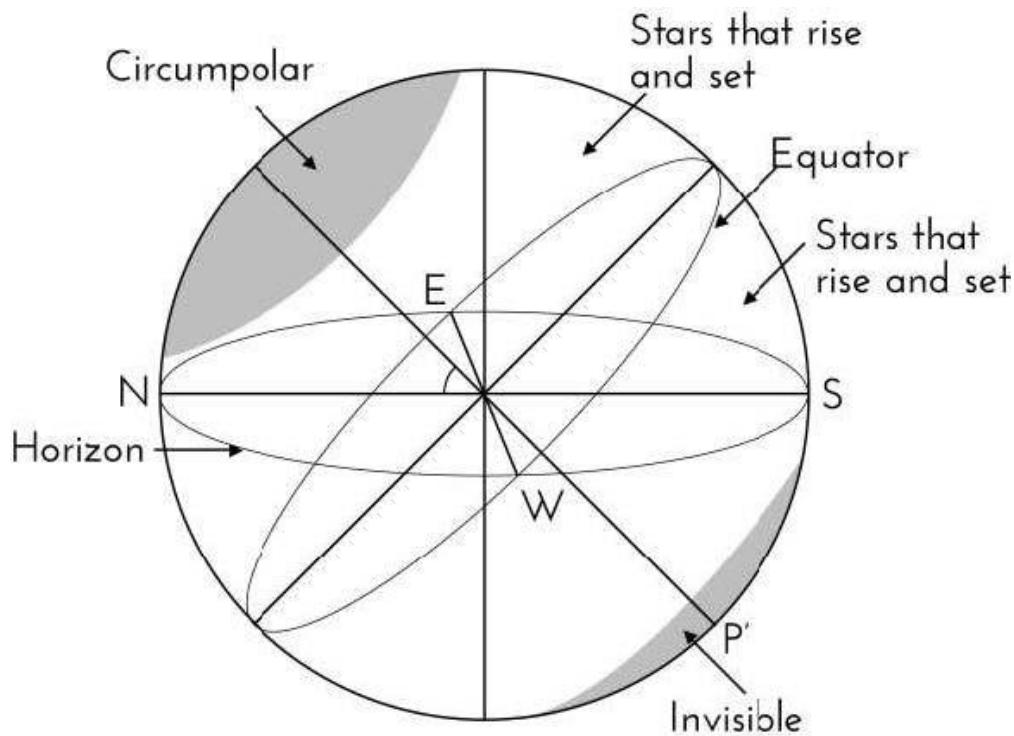
## Ide yang Dibalik Peraga

Hal ini tidak sederhana untuk menjelaskan bagaimana gerakan matahari, bulan, atau bintang yang diamati dari bumi. Siswa engetahui bahwa matahari terbit dan terbenam setiap hari, tetapi mereka terkejut ketika mengetahui bahwa matahari terbit dan terbenam pada titik yang berbeda setiap hari atau lintasan matahari dapat bervariasi sesuai dengan garis lintang lokal. Alat peraga menyederhanakan dan menjelaskan fenomena matahari tengah malam dan matahari di zenith. Secara khusus, alat peraga dapat sangat berguna untuk memahami gerakan translasi dan membenarkan beberapa lintang yang berbeda

Sangat mudah untuk mengingat bentuk dan munculnya setiap rasi bintang dengan belajar kisah mitologis dan mengingat aturan geometri untuk menemukan rasi bintang di langit. Namun, ini hanya bekerja pada lokasi tertentu di bumi. Karena pergerakan bola langit, pengamat yang tinggal di kutub utara dapat melihat semua bintang yang berada di belahan bumi bagian utara dan orang yang tinggal di Kutub Selatan dapat melihat semua bintang di belahan bumi bagian selatan. Tetapi apakah pengamat yang hidup di lintang yang berbeda dapat melihatnya?

## Peraga Bintang: Mengapa terdapat bintang-bintang yang tidak terlihat?

Semuanya menjadi rumit ketika pengamat tidak tinggal di zona dari kedua kutub. Pada kenyataannya, hal ini berlaku untuk sebagian besar pengamat. Dalam kasus ini, bintang digolongkan ke dalam tiga kategori berbeda tergantung pada gerakan yang mereka diamati (untuk setiap lintang): bintang sirkumpolar, bintang yang naik terbit dan terbenam serta bintang yang tidak terlihat (Gambar 1/ Fig. 1). Kita semua tentunya pernah terkejut ketika mengetahui bahwa seseorang yang tinggal di belahan bumi bagian utara dapat melihat beberapa bintang dari belahan bumi bagian selatan. Tentu saja hal ini mirip dengan ketika kita terkejut saat fenomena matahari tengah malam ditemukan.



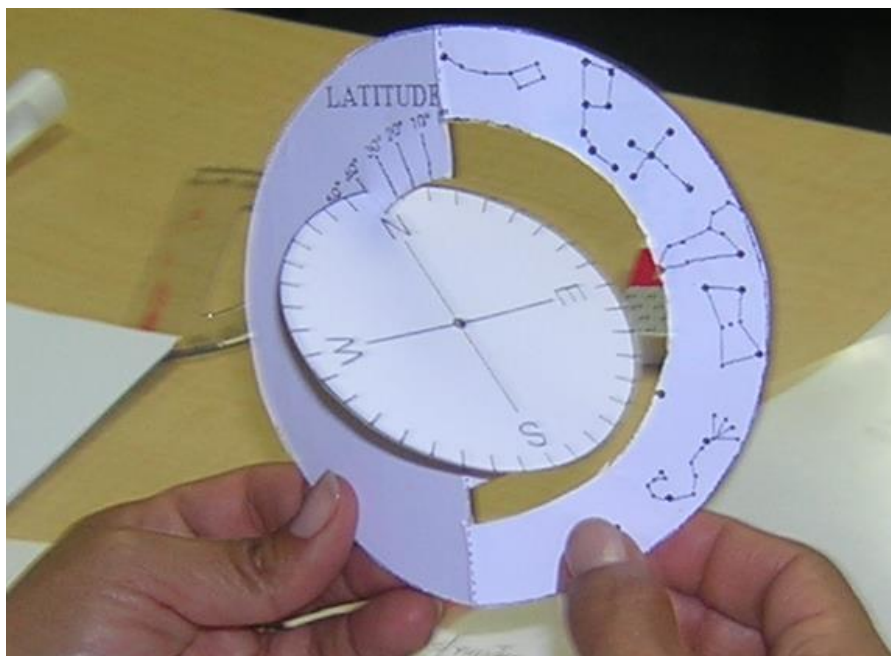
Gambar 1: Tiga jenis bintang yang berbeda (seperti yang terlihat dari garis lintang tertentu): sirkumpolar, bintang yang naik dan terbenam, dan bintang yang tidak terlihat.

Bergantung pada usia mereka, kebanyakan siswa dapat memahami dengan mudah mengapa beberapa bintang sirkumpolar muncul dikotanya. Namun, hal ini lebih sulit bagi mereka untuk membayangkan sirkumpolar mana yang akan muncul seperti yang terlihat dari tempat lain di dunia. Jika kita bertanya apakah satu bintang tertentu (misalnya, Sirius) muncul untuk sebagai bintang yang terbit dan terbenam seperti yang terlihat dari Buenos Aires, hal ini sulit bagi siswa untuk bisa membayangkannya. Oleh karena itu, kita akan menggunakan peraga bintang untuk mempelajari pengamatan gerakan dari bintang-bintang yang berbeda tergantung pada lintang dari tempat pengamatan.

## Tujuan Utama dari Peraga

Tujuan utamanya adalah untuk menemukan rasi bintang mana yang merupakan sirkumpolar, yang terbit dan terbenam, dan yang tak terlihat pada garis lintang tertentu. Jika kita mengamati bintang dari lintang sekitar  $45^{\circ}$  N, itu jelas bahwa kita dapat melihat cukup banyak bintang yang terbit dan terbenam terlihat dari belahan bumi selatan setiap malam (Gambar 1).

Dalam kasus ini, peraga harus mencakup rasi bintang dengan berbagai deklinasi (kenaikkan tepat tidak penting pada tahap ini). Hal ini adalah ide yang sangat baik untuk menggunakan rasi bintang yang umum diketahui oleh siswa. Rasi bintang tersebut dapat dinaikkan dengan tepat sehingga dapat terlihat sepanjang bulan yang berbeda setiap tahun (Gambar 2).



Gambar 2: Menggunakan demonstran: ini adalah contoh demonstran untuk belahan bumi utara menggunakan rasi bintang dari Tabel 1.

Ketika memilih rasi bintang untuk digambarkan, hanya bintang-bintang bersinar terang yang sebaiknya digunakan sehingga bentuknya dengan mudah diidentifikasi. Lebih baik untuk tidak menggunakan rasi bintang yang ada di meridian sama, tapi agak fokus dalam memilih rasi bintang yang telah diketahui dengan baik oleh siswa (Tabel 1). Jika tertarik membuat model untuk setiap musim, kalian dapat membuat empat peraga yang berbeda, satu peraga untuk satu musim di belahan bumi kalian. Kalian harus menggunakan rasi bintang yang memiliki deklinasi berbeda, tetapi memiliki kenaikan yang tepat antara 21h dan 3h untuk musim gugur (musim semi), antara 3h dan 9h untuk musim dingin (musim panas), antara 9h dan 14h untuk musim semi (musim gugur), dan antara 14h dan 21h untuk musim panas (musim dingin) di belahan bumi bagian utara (bagian selatan) di langit pada malam hari.

<i>Constellation</i>	<i>Maximum declination</i>	<i>Minimum declination</i>
Ursa Minor	+90°	+70°
Ursa Major	+60°	+50°
Cygnus	+50°	+30°
Leo	+30°	+10°
Orion and Sirius	+10°	-10°
Scorpius	-20°	-50°
South Cross	-50°	-70°

Tabel 1: Rasi bintang muncul di demonstran yang ditunjukkan pada gambar 1.

Jika kita memutuskan untuk memilih rasi bintang hanya untuk satu musim, mungkin sulit untuk memilih sebuah rasi bintang diantaranya, misalnya, 90°N dan 60°N, antara 60°N dan 40°N, antara 40°N dan 20°N, dan antara 20°N dan 20°S, dan sebagainya, tanpa tumpang tindih dan mendekati 90°S. Jika kita juga ingin memilih rasi bintang yang dikenal dengan baik oleh siswa, dengan sedikit bintang terang yang cukup besar untuk menutupi seluruh meridian, mungkin sulit untuk mencapai tujuan kita. Karena besar, dikenal dengan baik, terang rasi bintang tidak menutupi langit sepanjang tahun, mungkin lebih mudah untuk membuat hanya satu peraga untuk sepanjang tahun.

Terdapat argument lain untuk membuat sebuah peraga yang unik. Setiap perselisihan mengenai musim terjadi hanya di lintang tertentu dari kedua belahan bumi.

### Membuat Peraga

Untuk mendapatkan peraga yang kuat (Gambar 3a dan 3b), maka ide yang baik untuk menempelkan dua bentuk pada lembar karton sebelum memotongnya (Gambar 4 dan 5). Hal ini juga merupakan ide yang baik untuk mengkonstruksi satu lagi, dua kali lebih besar, untuk digunakan oleh guru.

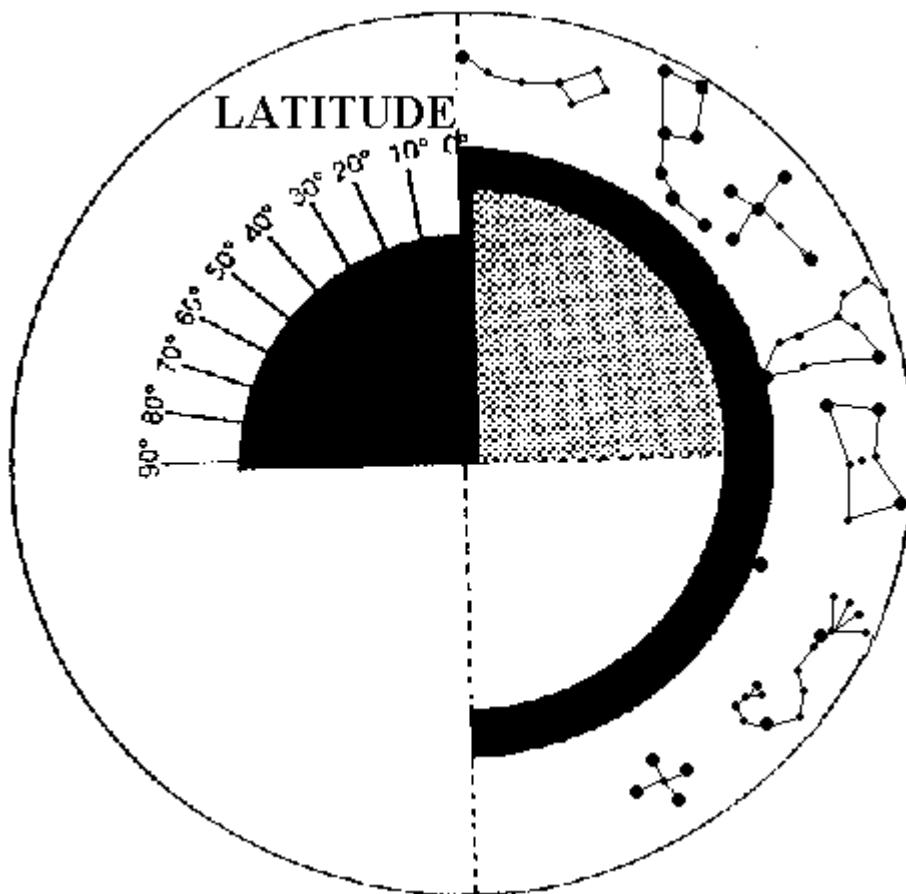


Gambar 3a dan 3b: Membuat demonstran bintang.

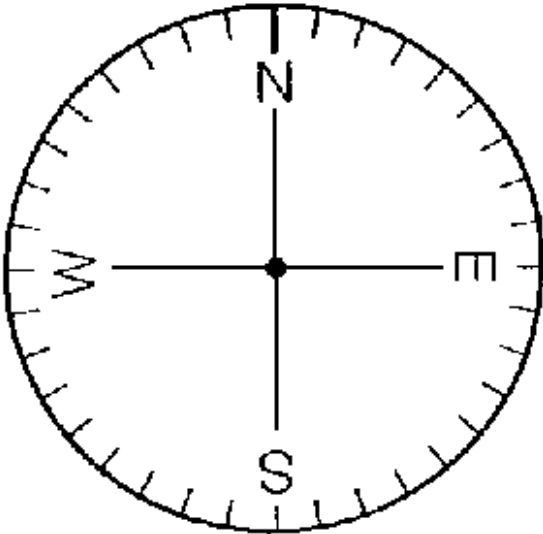
Petunjuk untuk membuat peraga bintang adalah sebagai berikut.

Alat Peraga untuk Belahan Bumi Bagian Utara

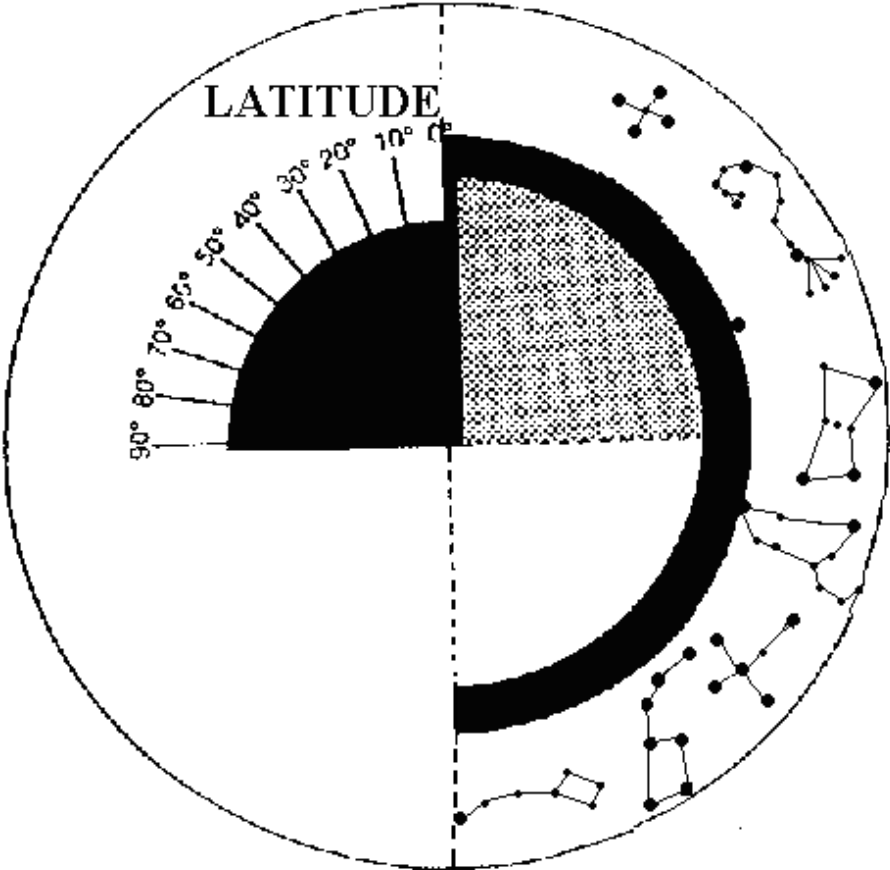
- a) Buat fotokopi dari gambar 4 dan 5 pada karton tebal
- b) Potong kedua karton tersebut sepanjang garis (gambar 4 dan 5).
- c) Buang daerah hitam dari bagian utama (gambar 4)
- d) Lipat bagian utama (gambar 4) sepanjang garis putus-putus yang lurus. Melakukan hal ini beberapa kali akan membuat peraga mudah digunakan
- e) Potong tekukan kecil di atas "N" pada disk horizon (gambar 5). Tekukan harus cukup besar agar karton dapat melewatinya.
- f) Lem kuadran timur laut dari disk horizon (gambar 5) ke kuadran abu-abu pada penting untuk memiliki garis lurus Utara-Selatan yang mengikuti garis ganda bagian utama. Juga, "W" pada disk horizon harus cocok dengan lintang  $90^\circ$ .
- g) Ketika menempatkan disk horizon ke bagian utama, pastikan bahwa keduanya tetap tegak lurus
- h) Hal ini sangat penting untuk menempelkan bagian-bagian yang berbeda dengan sangat hati-hati agar mendapatkan ketepatan maksimum.



Gambar 4: Bagian utama dari demonstran bintang untuk Belahan Bumi Utara.



Gambar 5: Cakram cakrawala.



Gambar 6: Bagian utama dari demonstran bintang untuk Belahan Bumi Selatan.

### Peraga untuk Belahan Bumi Bagian Selatan

- a) Buat fotokopi dari gambar 5 dan 6 pada karton tebal
- b) Potong kedua karton tersebut sepanjang garis (gambar 5 dan 6).
- c) Buang daerah hitam dari bagian utama (gambar 6)
- d) Lipat bagian utama (gambar 6) sepanjang garis putus-putus yang lurus. Melakukan hal ini beberapa kali akan membuat peraga mudah digunakan
- e) Potong tekukan kecil di atas "S" pada disk horizon (gambar 5). Tekukan harus cukup besar agar karton dapat melewatinya.
- f) Lem kuadran barat daya dari disk horizon (gambar 5) ke kuadran abu-abu pada bagian utama (gambar 6). Sangat penting untuk memiliki garis lurus Utara-Selatan yang mengikuti garis ganda bagian utama. Juga, "E" pada disk horizon harus cocok dengan lintang  $90^\circ$ .
- g) Ketika menempatkan disk horizon ke bagian utama, pastikan bahwa keduanya tetap tegak lurus
- h) Hal ini sangat penting untuk menempelkan bagian-bagian yang berbeda dengan sangat hati-hati agar mendapatkan ketepatan maksimum

Memilih peraga bintang mana yang dibuat bergantung pada tempat tinggal. Kalian juga dapat membuat peraga dengan memilih rasi bintang kalian sendiri mengikuti kriteria yang berbeda. Misalnya, kalian dapat menyertakan rasi bintang yang terlihat hanya untuk satu musim, rasi bintang yang terlihat hanya untuk satu bulan, dan sebagainya. Untuk hal ini, kalian harus mempertimbangkan hanya rasi bintang dengan kenaikan yang tepat antara dua nilai tertentu. Kemudian menarik rasi bintang dengan nilai deklinasinya seperti gambar 7/ Fig. 7. Perhatikan bahwa masing-masing sektor sesuai dengan  $10^\circ$ .

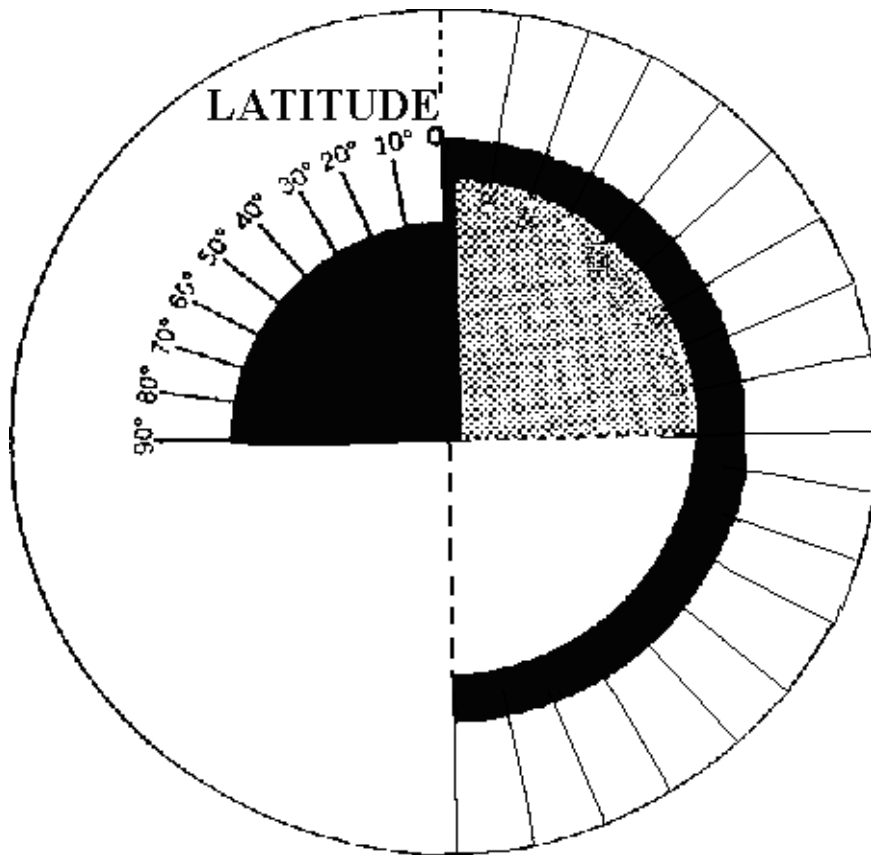
### Aplikasi Peraga

Untuk mulai menggunakan peraga kalian harus memilih lintang dari tempat pengamatan. Kita dapat melakukan perjalanan imajiner di atas permukaan bumi menggunakan peraga tersebut.

Menggunakan tangan kiri untuk memegang bagian utama peraga (Gambar 4 atau 6/ Fig. 4 or 6) dengan daerah kosong (di bawah kuadran lintang). Pilih lintang dan gerakkan disk horizon sampai disk tersebut menunjukkan lintang yang dipilih. Dengan tangan kanan, gerakkan disk dengan rasi bintang dari kanan ke kiri beberapa kali. Kalian dapat mengamati rasi bintang mana yang selalu ada di horizon (sirkumpolar), yang terbit dan terbenam, dan yang selalu di bawah horizon (tidak terlihat).

#### • **Inklinasi jalur bintang relatif ke cakrawala**

Dengan alat peraga, hal ini sangat mudah untuk mengamati bagaimana sudut jalur bintang relatif ke horizon berubah tergantung pada lintang 9/ Fig. 8 and 9)



Gambar 7: Bagian utama dari demonstran bintang untuk Belahan Utara atau Selatan.

Jika pengamat tinggal di ekuator (lintang  $0^\circ$ ) maka sudutnya adalah  $90^\circ$ . Di sisi lain, jika pengamat hidup di kutub utara atau Kutub Selatan, (lintang  $90^\circ$  N atau  $90^\circ$  S) jalur bintang sejajar dengan horizon. Secara umum, jika pengamat tinggal di sebuah kota pada lintang  $L$ , inklinasi jalur bintang di horizon adalah  $90^\circ$  minus  $L$  setiap hari.

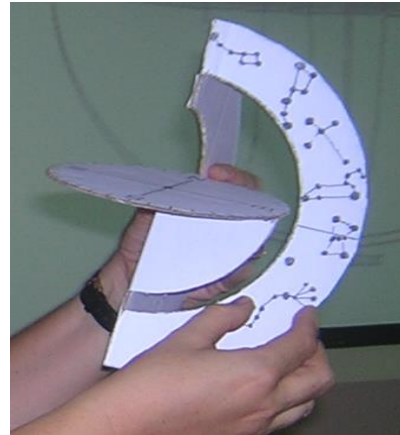
Kita dapat memverifikasi hal ini dengan melihat gambar 8 dan 9/ Fig. 8 and 9. Foto pada gambar 9 diambil di Lapland (Finlandia) dan pada gambar 8 di Montseny (dekat Barcelona, Spanyol). Lapland berada di lintang yang lebih tinggi daripada Barcelona sehingga inklinasi jalur.

Dengan menggunakan peraga tersebut siswa dapat menyelesaikan beberapa aktifitas di bawah ini

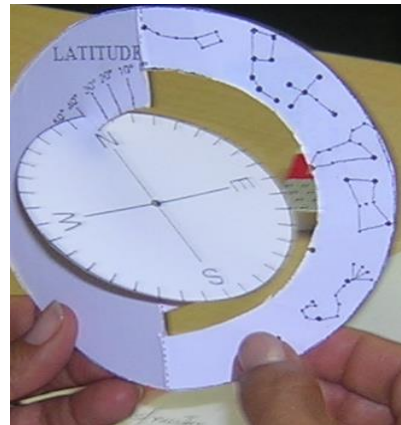
- 1) Jika kita memilih lintang  $90^\circ$ N, berarti kita sebagai pengamat berada di Kutub Utara. Kita bisa melihat semua rasi bintang di belahan bumi bagian utara adalah bintang sirkumpolar. Semua yang ada di belahan bumi bagian selatan adalah bintang yang tidak terlihat dan tidak ada rasi bintang yang terbit dan terbenam.
- 2) Jika lintangnya  $0^\circ$ , berarti kita sebagai pengamat berada di ekuator, dan kita dapat melihat bahwa semua rasi bintang yang terbit dan terbenam (tegak lurus terhadap horizon). Tidak ada satupun bintang sirkumpolar atau bintang tidak terlihat.



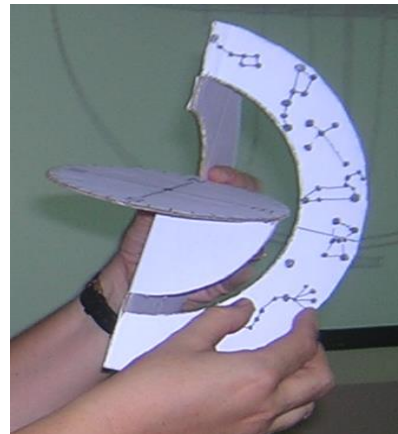
- 3) Jika lintangnya  $20^\circ$  (N atau S), terdapat lebih sedikit rasi bintang sirkumpolar dibandingkan jika lintangnya  $40^\circ$  (N atau S). Tetapi ada lebih banyak bintang yang terbit dan terbenam jika lintangnya  $20^\circ$  bukan  $40^\circ$ .
- 4) Jika lintangnya  $60^\circ$  (N atau S), ada banyak rasi bintang sirkumpolar dan bintang tak terlihat, tetapi jumlah rasi bintang yang terbit dan terbenam lebih sedikit dibandingkan dengan lintang  $40^\circ$  (N atau S).



Gambar 8a dan 8b: Pengaturan bintang di Enontekiö di Lapland  $68^\circ\text{N}$  (Finlandia). Sudut jalur bintang relatif terhadap cakrawala adalah  $90^\circ$  minus garis lintang. Perhatikan bahwa jalur bintang lebih pendek daripada di foto berikut karena aurora borealis memaksa waktu pemaparan yang lebih kecil (Foto: Irma Hannula, Finlandia).



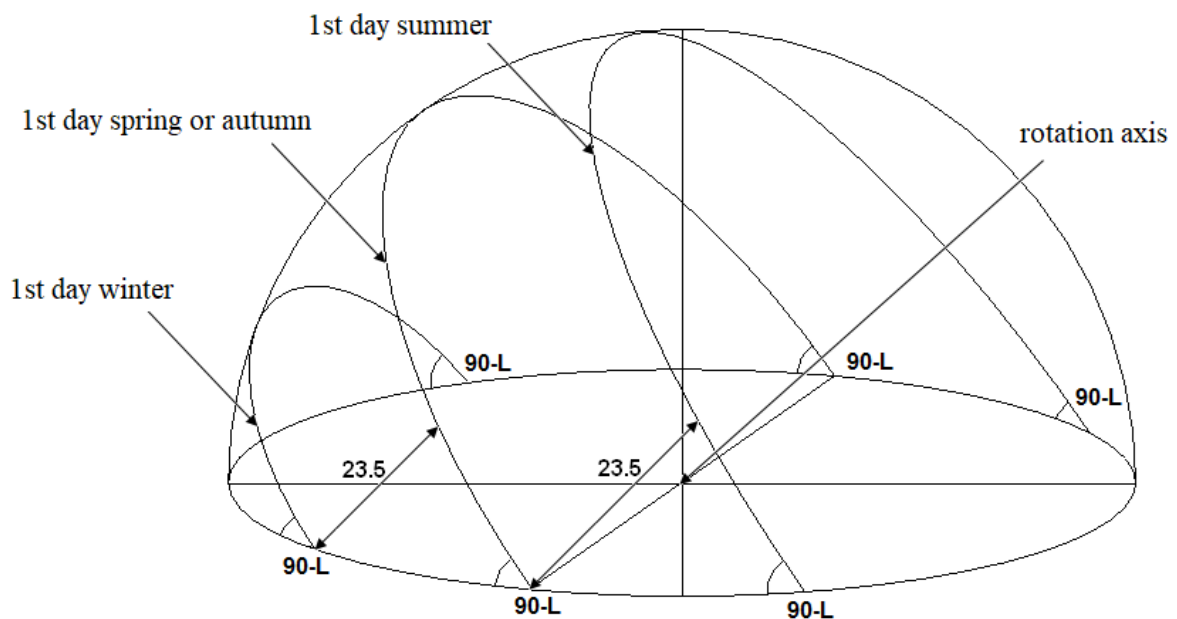
Gambar 9a dan 9b: Bintang-bintang terbit di Montseny  $41^\circ\text{N}$  (dekat Barcelona, Spanyol). Sudut jalur bintang relatif terhadap cakrawala adalah  $90^\circ$  minus garis lintang (Foto: Rosa M. Ros, Spanyol).



Gambar 10a dan 10b. Bintang melacak titik barat dekat di Matehuala (Meksiko)  $23^{\circ}$  N, sudut lintasan bintang-bintang di cakrawala adalah 90-lintang (colatitude). (Foto: Luis J de la Cruz, Meksiko).

## Peraga Matahari: Mengapa Matahari Tidak Terbit pada Titik yang Sama Setiap Hari

Hal ini sederhana untuk menjelaskan pergerakan matahari diamati dari bumi. Siswa mengetahui bahwa matahari terbit dan terbenam setiap hari, tetapi merasa terkejut ketika mereka menemukan bahwa matahari terbit dan terbenam di lokasi yang berbeda setiap hari. Hal ini juga menarik untuk memperhatikan berbagai lintasan matahari sesuai dengan garis lintang lokal



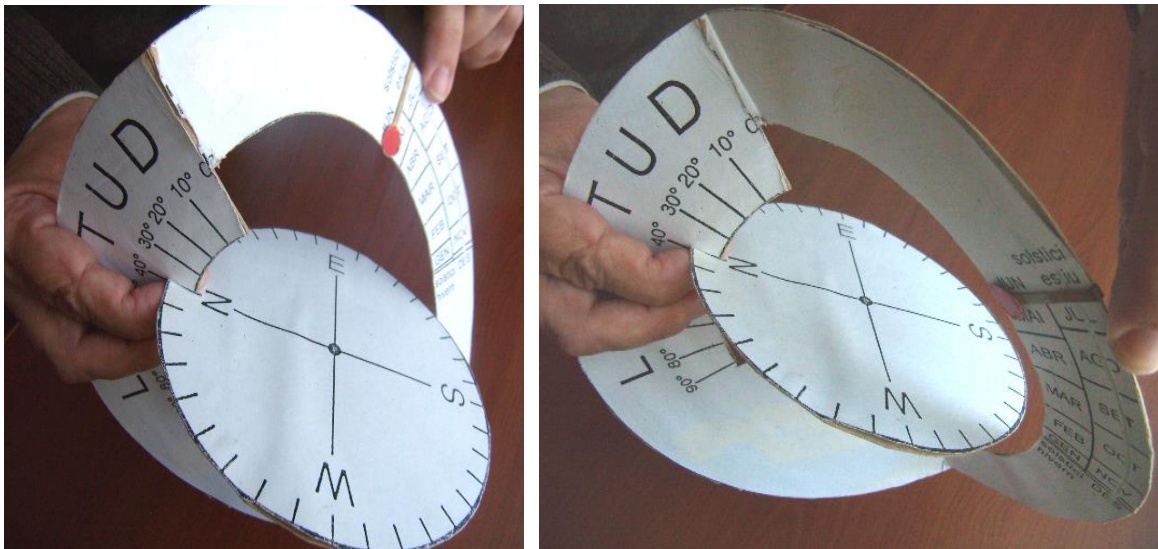
Gambar 11: Tiga jalur matahari yang berbeda (hari pertama musim semi atau musim gugur, hari pertama musim panas, dan hari pertama musim dingin).

Dan hal tersebut bisa menjadi percobaan yang sulit untuk menjelaskan fenomena matahari tengah malam atau matahari di zenith. Secara khusus, peraga dapat sangat berguna untuk memahami gerakan translasi dan membenarkan beberapa perbedaan lintang.

### Membuat Peraga

Untuk membuat peraga matahari, kita harus mempertimbangkan deklinasi matahari, yang berubah setiap hari. Kemudian kita harus mencakup kemungkinan perubahan posisi matahari menurut musim. Untuk hari pertama musim semi dan gugur, deklinasinya adalah  $0^\circ$  dan matahari bergerak sepanjang ekuator. Pada hari pertama musim panas (musim dingin di belahan bumi bagian selatan), deklinasi matahari adalah  $+23.5^\circ$  dan pada hari pertama musim dingin (musim panas di belahan bumi bagian selatan) deklinasi matahari adalah  $-23.5^\circ$  (Gambar 11). Kita harus mampu mengubah nilai-nilai tersebut kedalam model jika kita ingin mempelajari lintasan matahari

Untuk mendapatkan peraga yang kuat (Gambar 12a dan 12b), maka ide yang baik untuk menempelkan dua lembar karton sebelum memotongnya. Selain itu, kalian dapat membuat satu peraga lainnya yang ukurannya dua kali lebih besar, untuk digunakan oleh guru.



Gambar 12a dan 12b: Mempersiapkan demonstran surya untuk Belahan Bumi Utara pada garis lintang  $+40^\circ$ .

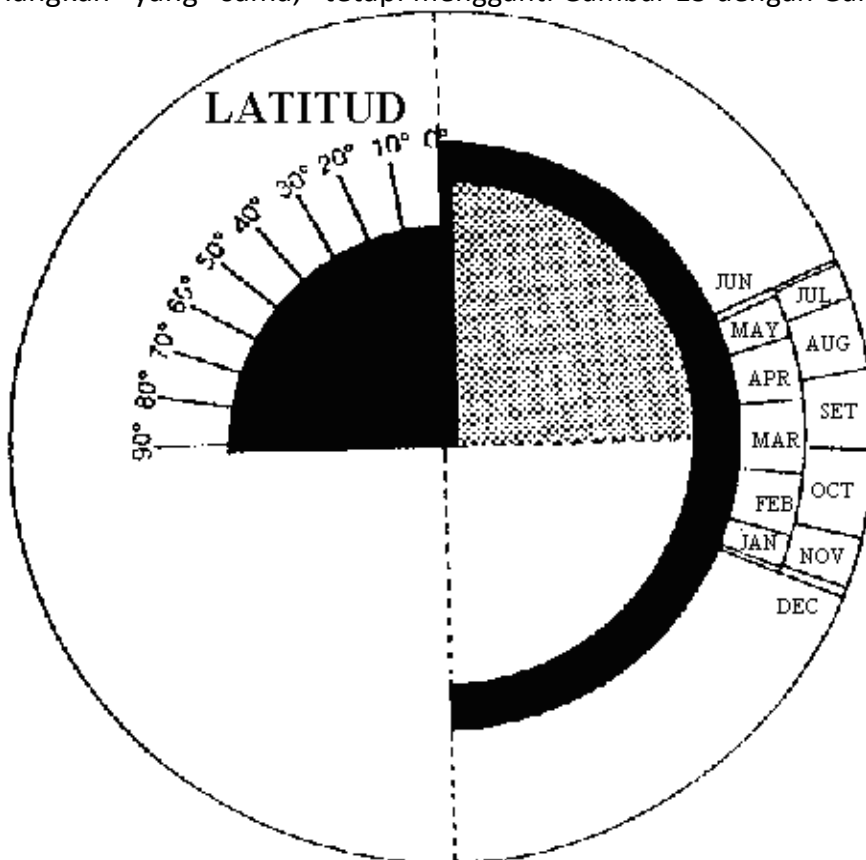
**Petunjuk untuk membuat peraga matahari adalah sebagai berikut.**

#### Peraga untuk Belahan Bumi Bagian Utara

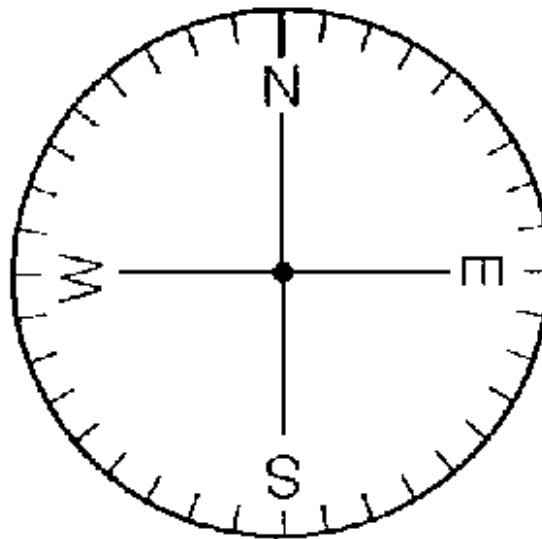
- Buat fotokopi dari gambar 13 dan 14 pada karton tebal
- Potong kedua karton tersebut sepanjang garis (gambar 13 dan 14).
- Buang daerah hitam dari bagian utama (gambar 13)

- d) Lipat bagian utama (gambar 13) sepanjang garis putus-putus yang lurus. Melakukan hal ini beberapa kali akan membuat peraga mudah digunakan.
- e) Potong tekukan kecil di atas "N" pada disk horizon (gambar 14). Tekukan harus cukup besar agar karton dapat melewatinya.
- f) Lem kuadran timur laut dari disk horizon (gambar 14) ke kuadran abu-abu pada bagian utama (gambar 13). Sangat penting untuk memiliki garis lurus Utara-Selatan yang mengikuti garis ganda bagian utama. Juga, "W" pada disk horizon harus cocok dengan lintang  $90^\circ$ .
- g) Ketika menempatkan disk horizon ke bagian utama, pastikan bahwa keduanya tetap tegak lurus
- h) Hal ini sangat penting untuk menempelkan bagian-bagian yang berbeda dengan sangat hati-hati agar mendapatkan ketepatan maksimum.
- i) Untuk menempatkan matahari pada peraga, gambarkan sebuah lingkaran dan beri warna merah pada selembar kertas. Potong dan meletakkannya di antara klip. Tempatkan klip dengan lingkaran merah di atas daerah deklinasi seperti gambar 13. Idenya adalah klip tersebut harus mudah dipindahkan naik dan turun untuk menempatkan gambar lingkaran merah pada bulan yang akan dipilih.

Untuk membuat peraga matahari di belahan bumi bagian selatan kalian dapat mengikuti langkah yang sama, tetapi mengganti Gambar 13 dengan Gambar 15.

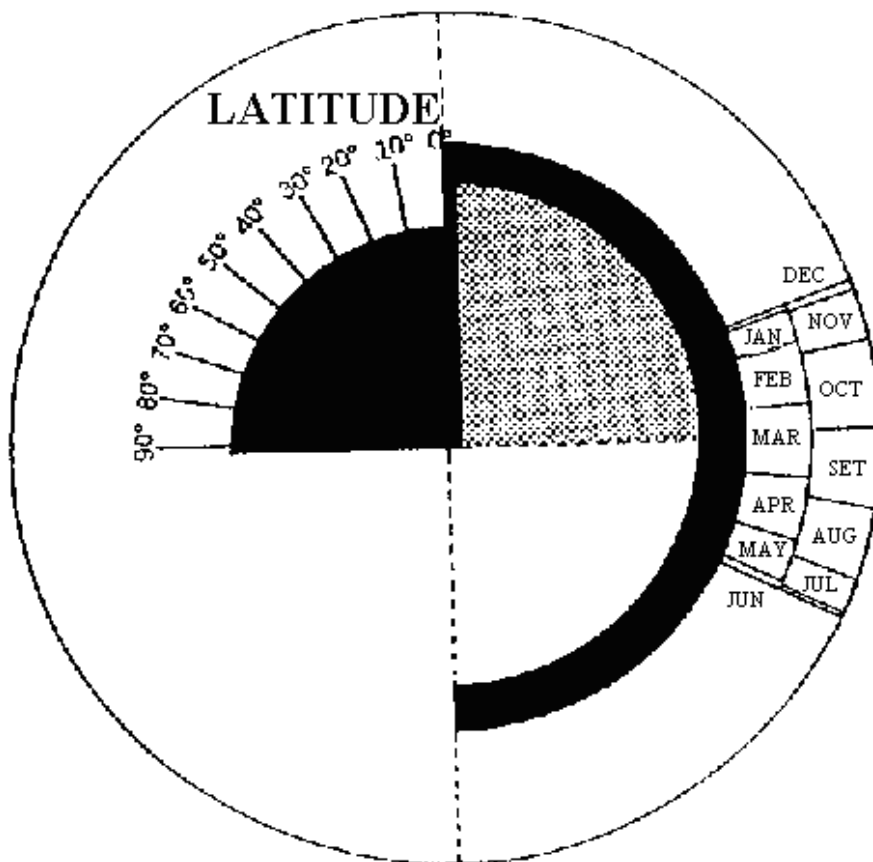


Gambar. 13: Bagian utama dari demonstran surya untuk Belahan Bumi Utara.



Gambar. 14: Cakram cakrawala.

To build the solar demonstrator in the Southern Hemisphere you can follow similar steps, but replace figure 13 with figure 15.



Gambar. 15: Bagian utama demonstran surya untuk Belahan Bumi Selatan.

### Peraga Untuk Belahan Bumi Bagian Selatan

- a) Buat fotokopi dari gambar 13 dan 14 pada karton tebal
- b) Potong kedua karton tersebut sepanjang garis (gambar 13 dan 14).
- c) Buang daerah hitam dari bagian utama (gambar 14)
- d) Lipat bagian utama (gambar 14) sepanjang garis putus-putus yang lurus. Melakukan hal ini beberapa kali akan membuat peraga mudah digunakan.
- e) Potong tekukan kecil di atas "S" pada disk horizon (gambar 13). Tekukan harus cukup besar agar karton dapat melewatinya.
- f) Lem kuadran barat daya dari disk horizon (gambar 13) ke kuadran abu-abu pada bagian utama (gambar 14). Sangat penting untuk memiliki garis lurus Utara-Selatan yang mengikuti garis ganda bagian utama. Juga, "E" pada disk horizon harus cocok dengan lintang  $90^\circ$ .
- g) Ketika menempatkan disk horizon ke bagian utama, pastikan bahwa keduanya tetap tegak lurus
- h) Hal ini sangat penting untuk menempelkan bagian-bagian yang berbeda dengan sangat hati-hati agar mendapatkan ketepatan maksimum.
- i) Untuk menempatkan matahari pada peraga, gambarkan sebuah lingkaran dan beri warna merah pada selembar kertas. Potong dan meletakkannya di antara klip. Tempatkan klip dengan lingkaran merah di atas daerah deklinasi seperti gambar 14/ Fig 14. Idenya adalah klip tersebut harus mudah dipindahkan naik dan turun untuk menempatkan gambar lingkaran merah pada bulan yang akan dipilih

### Menggunakan Peraga Matahari

Untuk menggunakan peraga matahari kalian harus memilih lintangnya terlebih dahulu. Sekali lagi, kita dapat melakukan perjalanan imajiner di atas permukaan bumi menggunakan peraga tersebut.

Kita akan memperhatikan tiga daerah berikut:

1. Tempat-tempat di daerah pertengahan belahan bumi bagian utara dan bagian selatan
2. Tempat-tempat di daerah kutub
3. Tempat-tempat di daerah ekuator

1.- Tempat-tempat di daerah pertengahan belahan bumi bagian utara dan bagian tan:  
MUSIM

#### • *Sudut lintasan matahari relatif ke horizon*

Menggunakan peraga ini sangat mudah untuk mengamati bahwa sudut lintasan matahari relatif ke horizon tergantung pada lintangnya. Jika pengamat tinggal di ekuator (lintang  $0^\circ$ ) maka sudutnya adalah  $90^\circ$ . Jika pengamat hidup di kutub utara atau selatan (lintang  $90^\circ\text{N}$  atau  $90^\circ\text{S}$ ), lintasan matahari sejajar dengan horizon. Secara umum, jika pengamat tinggal di sebuah kota pada lintang  $L$ , inklinasi dari lintasan matahari relatif ke horizon adalah  $90$  dikurangkan  $L$  setiap hari. Kita dapat memverifikasi hal ini dengan melihat gambar 15 dan gambar 16. Gambar 15 diambil di Lapland (Finlandia), dan



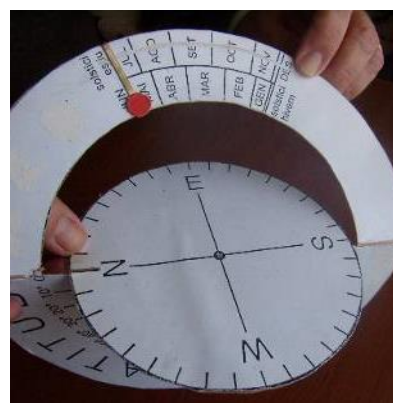
gambar 16 di Gandia (Spanyol). Lapland memiliki lintang yang lebih tinggi daripada Gandia, sehingga inklinasi dari lintasan matahari lebih kecil.



Gambar 16a dan 16b: Matahari terbit di Enontekiö di Lapland (Finlandia). Sudut jalur Matahari relatif terhadap cakrawala adalah garis lintang ( $90^\circ$  minus garis lintang) (Foto: Sakari Ekko, Finlandia).



Gambar 17a dan 17b: Matahari terbit di Gandia (Spanyol)  $41^\circ\text{N}$ . Sudut jalur Matahari relatif terhadap cakrawala adalah  $90$  minus garis lintang (Foto: Rosa M. Ros, Spanyol).



Gambar 18a dan 18b. Matahari terbit di Ladrilleros (Kolombia), sudut lintasan matahari di atas cakrawala adalah garis lintang ( $90^\circ - 4^\circ = 86^\circ$ ). (Foto: Mario Solarte, Kolombia).

• ***Ketinggian lintasan matahari bergantung pada musim***

1a) Belahan Bumi Bagian Utara

Menggunakan peraga untuk kota kalian (pilih lintang kota kalian), sangat mudah untuk memverifikasi bahwa ketinggian (tinggi) matahari di atas horizon berubah menurut

musim. Sebagai contoh, pada hari pertama musim semi deklinasi matahari adalah  $0^\circ$ . Kita dapat meletakkan matahari pada tanggal 21 Maret. Kemudian kita dapat menggerakkan matahari secara tepat di sepanjang ekuator dari Timur ke arah Barat. Kita bisa melihat bahwa lintasan matahari berada pada ketinggian tertentu atas horizon.

Pada lintang yang sama kita mengulangi percobaan untuk hari yang berbeda. Ketika kita menggerakkan matahari di sepanjang ekuator pada hari pertama musim panas, yaitu 21 Juni, (deklinasi matahari  $+23.5^\circ$ ). Kita dapat melihat bahwa lintasan matahari lebih tinggi daripada hari pertama musim semi. Akhirnya, kita mengulangi percobaan untuk hari pertama musim dingin, yaitu 21 Desember (deklinasi matahari  $-23.5^\circ$ ). Kita dapat melihat bahwa lintasan matahari lebih rendah. Pada hari pertama musim gugur deklinasinya adalah  $0^\circ$  dan lintasan matahari mengikuti ekuator dengan cara yang sama seperti yang terjadi pada hari pertama musim semi.



Gambar 19a dan 19b: Jalur Matahari di musim panas dan musim dingin di Norwegia. Jelas bahwa Matahari jauh lebih tinggi di musim panas daripada di musim dingin. Inilah sebabnya mengapa ada lebih banyak jam sinar matahari selama musim panas.

### 1b) Belahan Bumi Bagian Selatan

Menggunakan peraga untuk kota kalian (pilih lintang kota kalian), sangat mudah untuk memverifikasi bahwa ketinggian matahari di atas horizon berubah menurut musim. Sebagai contoh, pada hari pertama musim semi deklinasi matahari adalah  $0^\circ$ . Kita dapat meletakkan matahari pada tanggal 23 September. Kemudian kita dapat menggerakkan matahari di sepanjang ekuator dari Timur ke arah barat. Kita dapat melihat bahwa lintasan matahari berada pada ketinggian tertentu di atas horizon.

Pada garis lintang sama kita dapat mengulang percobaan ini untuk hari yang berbeda. Pada hari pertama musim panas, yaitu 21 Desember (deklinasi matahari adalah  $-23.5^\circ$ ), ketika kita menggerakkan matahari di sepanjang ekuator, kita dapat melihat bahwa lintasan matahari lebih tinggi daripada hari pertama musim semi-



Akhirnya, kita dapat mengulangi percobaan tersebut pada garis lintang yang sama untuk hari pertama musim dingin, yaitu 21 Juni (deklinasi matahari  $+23.5^\circ$ ). Kita dapat melihat bahwa lintasan matahari lebih rendah. Pada hari pertama musim gugur deklinasinya adalah  $0^\circ$  dan lintasan matahari mengikuti ekuator dengan cara yang sama seperti pada hari pertama musim semi.

Tentu saja jika kita mengubah lintangnya, ketinggian lintasan matahari juga berubah perubahan, tetapi bahkan kemudian lintasan tertinggi masih akan selalu pada hari pertama musim panas dan terendah pada hari pertama musim dingin..

Catatan:

Di musim panas, ketika matahari lebih tinggi, matahari menyinari bumi pada sudut yang lebih tegak lurus ke horizon. Oleh karena itu, radiasinya terkonsentrasi di daerah yang lebih kecil dan cuacanya lebih panas. Selain itu di musim panas, matahari bersinar lebih lama dibandingkan di musim dingin. Hal ini juga meningkatkan suhu selama musim panas.

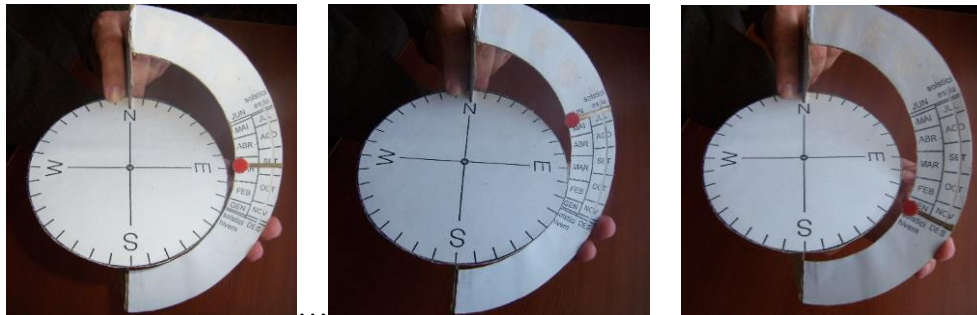
- ***Matahari terbit dan terbenam di tempat yang berbeda setiap hari***

Pada percobaan sebelumnya, jika focus perhatian kita yaitu posisi dimana matahari terbit dan terbenam, kita seharusnya telah mengamati bahwa matahari terbit dan terbenam di tempat yang berbeda setiap hari. Khususnya, jarak di horizon antara matahari terbit (atau matahari terbenam) pada hari pertama dari dua musim berturut-turut meningkat dengan meningkatnya lintang (Gambar 18a dan 18 b).



Gambar. 20a, 20b, dan 20c: Matahari terbenam di Riga  $57^\circ$  (Latvia), Barcelona  $41^\circ$  (Spanyol) dan Popayán  $2^\circ$  (Kolombia) pada hari pertama setiap musim (kiri / dingin, tengah / musim semi atau musim gugur, kanan /

musim panas). Matahari terbenam pusat di kedua foto berada di jalur yang sama. Sangat mudah untuk mengamati bahwa matahari terbenam musim panas dan musim dingin di Riga (lintang lebih tinggi) lebih terpisah daripada di Barcelona dan lebih dari Popayán (Foto: Ilgonis Vilks, Latvia, Rosa M. Ros, Spanyol dan Juan Carlos Martínez, Kolombia)



Gambar. 21a: Sunris pada hari pertama musim semi atau musim gugur, Gambar. 21b: Sunris pada hari pertama musim panas, Gambar. 21c: Sunris pada hari pertama musim dingin

Hal ini sangat sederhana untuk melakukan simulasi menggunakan peraga. Hanya menandai posisi matahari di tiap musim untuk dua lintang yang berbeda, misalnya  $60^\circ$  dan  $40^\circ$  (Gambar 21a, 21b dan 21c).

Ilustrasi dalam gambar 20a, 20b dan 20c untuk belahan bumi bagian utara, tetapi konsep yang sama juga berlaku untuk belahan bumi bagian selatan (Gambar 22a, 22b dan 22c). Perbedaannya hanya pada waktu dari musimnya.



Gambar 22a, 22b, dan 22c: Matahari terbenam di Popayán  $2^\circ$  (Kolombia), La Paz  $-19^\circ$  (Bolivia) dan Esquel  $-43^\circ$  (Argentina) pada hari pertama setiap musim (kiri / musim panas, tengah / musim semi dan gugur, kanan / musim dingin ). Matahari terbenam sentral di kedua foto berada di garis yang sama, mudah untuk mengamati bahwa matahari terbenam musim panas dan musim dingin di Esquel (garis lintang lebih tinggi) jauh lebih terpisah daripada di La Paz (Foto: Juan Carlos Martínez, Kolombia, Gonzalo Pereira, Bolivia dan Nestor Camino, Argentina).

Catatan:

Matahari tidak selalu terbit tepat di Timur dan terbenam tepat di Barat. Meskipun ini adalah ide yang diterima secara umum, tetapi hal ini tidaklah benar. Itu hanya terjadi pada dua hari setiap tahun: hari pertama musim semi dan hari pertama musim gugur di semua lintang.

Fakta lain yang menarik adalah bahwa matahari melintasi meridian (garis imajiner dari Kutub Utara ke Zenith ke Kutub Selatan) pada tengah hari di semua lintang (pada waktu matahari). Ini dapat digunakan untuk orientasi.

## 2.- Daerah Kutub: MATAHARI TENGAH MALAM

- ***Musim panas kutub dan musim dingin kutub***

Jika kami memperkenalkan lintang kutub pada peraga ( $90^{\circ}\text{N}$  atau  $90^{\circ}\text{S}$  tergantung pada kutub yang menjadi perhatian) terdapat tiga kemungkinan. Jika deklinasi matahari  $0^{\circ}$ , matahari bergerak sepanjang horizon, dan juga ekuator.

Jika deklinasi bertepatan dengan hari pertama musim panas, matahari bergerak sejajar dengan horizon. Kenyataannya, matahari selalu bergerak sejajar dengan horizon dari hari kedua musim semi sampai hari terakhir musim panas. Itu berarti setengah tahun dari siang hari.

Pada hari pertama musim gugur matahari bergerak lagi di sepanjang horizon. Tetapi dimulai pada hari kedua musim gugur sampai hari terakhir musim dingin, matahari bergerak sejajar dengan horizon tetapi di bawahnya. Hal itu berarti setengah tahun dari malam hari.

Tentu saja contoh di atas adalah situasi yang paling ekstrim. Terdapat beberapa lintang bagian utara dimana lintasan matahari tidak sejajar dengan horizon. Pada garis lintang ini masih tidak ada matahari terbit atau terbenam karena lintang lokalnya terlalu tinggi. Dalam kasus ini kita dapat mengamati apa yang dikenal sebagai "matahari tengah malam".

- ***Matahari Tengah Malam***

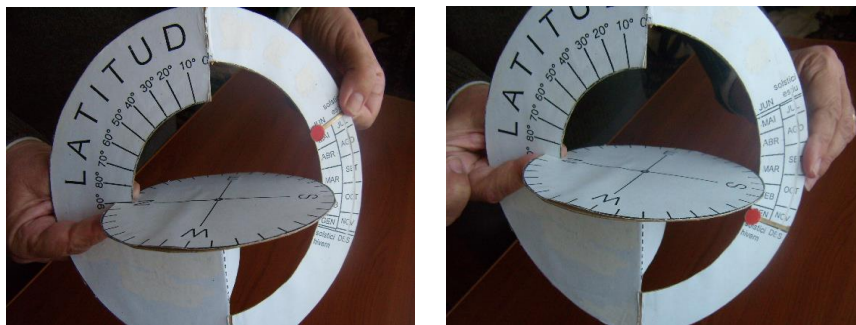
Jika kita memilih pada peraga lintang  $70^{\circ}\text{N}$  (atau  $70^{\circ}\text{S}$  tergantung pada belahan bumi yang menjadi perhatian), kita dapat mensimulasikan konsep dari matahari tengah malam. Jika kita menempatkan matahari pada hari pertama musim panas, yaitu 21 Juni, di belahan bumi bagian utara (atau 21 Desember di belahan bumi bagian selatan), kita dapat melihat bahwa matahari tidak terbit dan terbenam pada hari tersebut. Lintasan matahari tangensial ke horizon, tetapi tidak pernah di bawahnya. Fenomena ini dikenal sebagai matahari tengah malam, karena matahari muncul pada tengah malam (Gambar 22a, 22b dan 22c).





Gambar 23a dan 23b: Jalur Matahari tengah malam di Lapland (Finlandia). Matahari mendekati cakrawala tetapi tidak terbenam. Melainkan, ia mulai mendaki lagi (Foto: Sakari Ekko).

Di kutub ( $90^{\circ}\text{N}$  atau  $90^{\circ}\text{S}$ ) matahari muncul di horizon selama setengah tahun dan di bawah horizon selama setengah tahun. Sangat mudah untuk mengilustrasikan situasi ini menggunakan peraga (Gambar 24a dan 24b).



Gambar. 24a dan 24b: Peragaan menunjukkan Matahari di atas cakrawala selama setengah tahun dan di bawah cakrawala selama setengah tahun.

### 3. - Daerah Ekuator: MATAHARI DI ZENITH

- *Matahari di Zenith*

Di daerah ekuator, terdapat empat musim tidak jauh berbeda. Lintasan matahari praktis tegak lurus ke horizon dan ketinggian matahari praktis sama selama satu tahun. Panjang waktu setiap harinya juga sangat mirip (Gambar 25a, 25b dan 25 c).



Gambar. 25a, 25b, dan 25c: Matahari terbit pada hari pertama setiap musim: kiri - hari pertama musim panas, tengah - hari pertama musim semi atau musim gugur, dan kanan - hari pertama musim dingin (di belahan bumi

utara). Di ekuator jalur Matahari tegak lurus ke cakrawala. Matahari terbit pada titik yang hampir sama setiap musim. Jarak sudut antara matahari terbit hanya  $23,5^\circ$  (miring ekliptika). Di garis lintang yang lebih ekstrem, jalur Matahari lebih condong dan jarak antara tiga titik matahari terbit meningkat (gambar 20a, 20b, 20c, 22a, 22b dan 22c).

Lebih lanjut, di negara-negara tropis terdapat beberapa hari spesial: hari ketika matahari di zenith. Pada hari tersebut, matahari menyinari permukaan bumi di ekuator secara tegak lurus. Sehingga, suhu lebih panas dan bayangan seseorang menghilang di bawah sepatu mereka (Gambar 26a). Dalam beberapa budaya kuno hari tersebut dianggap menjadi sangat istimewa karena fenomenanya sangat mudah untuk diamati. Hal ini masih terjadi sekarang. Kenyataannya, terdapat dua hari setiap tahun ketika matahari berada di zenith bagi mereka yang hidup diantara Capricorn Tropis dan Cancer Tropis. Kita dapat mengilustrasikan fenomena tersebut menggunakan peraga. Hal ini juga dimungkinkan untuk pendekatan perhitungan tanggal, yang bergantung pada lintangnya (Gambar 26b).

Sebagai contoh (Gambar 26b), jika kita memilih lintang  $15^\circ\text{N}$ , menggunakan peraga kita dapat menghitung dengan pendekatan pada hari apa matahari berada di zenith pada tengah hari. Hal ini hanya diperlukan untuk memegang tongkat tegak lurus ke disk horizon dan kita dapat melihat bahwa hari tersebut adalah pada akhir April dan pertengahan Agustus.



Gambar 26a: Bayangan kecil (Matahari hampir berada di puncak di tempat dekat khatulistiwa). Gambar. 26b: Mensimulasikan Matahari di Zenith di Honduras (garis lintang  $15^\circ\text{N}$ ).

## Peraga XXL

Tentu saja, peraga dapat dibuat dengan bahan lain, misalnya kayu (Gambar 27a). Dalam kasus ini sumber cahaya dapat diperkenalkan untuk menunjukkan posisi matahari. Dengan kamera, menggunakan waktu eksposur yang panjang, dimungkinkan untuk memvisualisasikan lintasan matahari (Gambar 27b).



Gambar. 27a: demonstran kayu XXL. Gambar. 27b: Demonstrasi kayu bintang. Gambar. 27c: Dengan kamera dimungkinkan untuk memotret jalur surya menggunakan waktu bukaan yang besar. (Foto: Sakari Ekko).

## Peraga Bulan: Mengapa Bulan Tersenyum di Beberapa Daerah?

Ketika mengajarkan kepada siswa tentang bulan, kita ingin mereka untuk memahami mengapa bulan memiliki fase. Selain itu, juga ingin mereka memahami bagaimana dan mengapa gerhana terjadi. Fase bulan sangat spektakuler dan sangat mudah untuk menjelaskan kepada mereka dengan sebuah bola dan suatu sumber cahaya.

Model seperti di gambar 28 merupakan gambar bulan sabit dan perubahan yang berurutan. Terdapat suatu aturan praktis yang menyatakan bahwa bulan sabit seperti "C" dan memudar sebagai "D". Hal ini berlaku untuk penduduk belahan bumi bagian selatan, tetapi tidak ada berlaku bagi penduduk di belahan bumi bagian utara yang mana mereka menyatakan bahwa bulan adalah "semu".

Model kita akan mensimulasikan fase bulan (gambar 29), dan akan menunjukkan mengapa bulan tampak seperti "C" atau "D" tergantung pada fasenya. Seringkali, bulan yang diamati di horizon sama seperti yang ditunjukkan pada gambar9. Namun, tergantung pada negara, mungkin untuk mengamati bulan sebagai "C" yang dimiringkan, "D" yang dimiringkan (Gambar 30a) atau dalam kasus lain sebagai "U" (disebut "bulan tersenyum"; Gambar 28b). Bagaimana kita dapat menjelaskannya? Kita akan menggunakan peraga bulan untuk memahami berbagai bentuk dari seperempat bulan pada lintang yang berbeda.



Gambar. 28: Fase bulan.



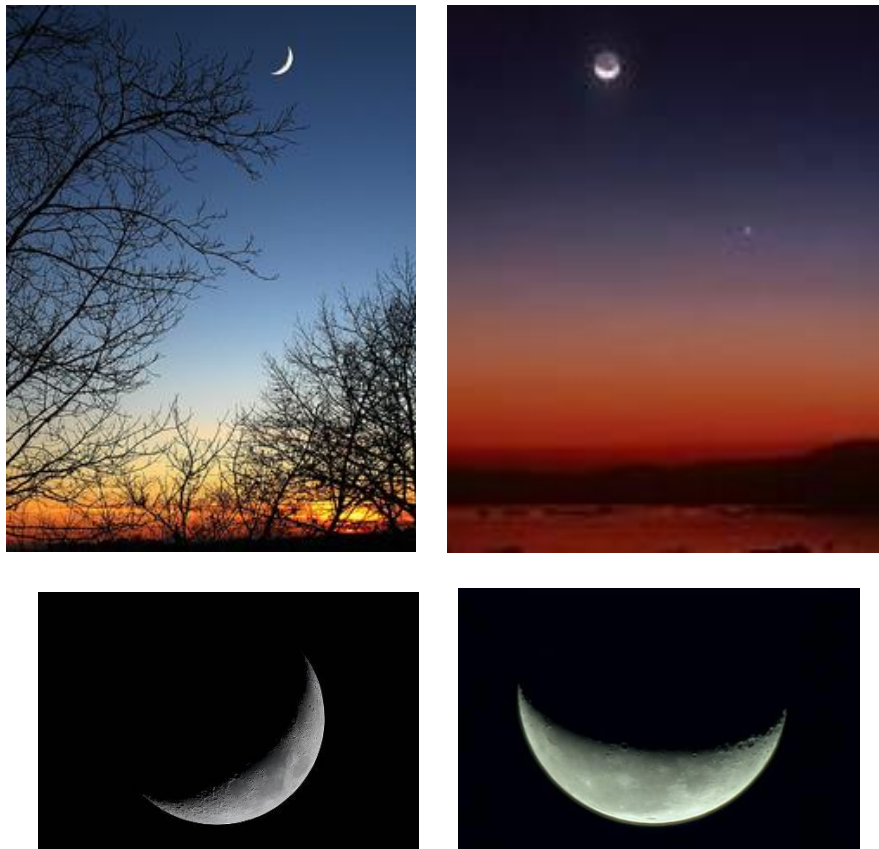
Gambar. 29: Fase bulan diamati di cakrawala.

Jika kita mempelajari gerakan bulan, kita juga harus mempertimbangkan posisinya relatif terhadap matahari (yang merupakan penyebab fasenya) dan deklinasinya (karena ini juga berubah setiap hari, dan lebih cepat daripada matahari). Oleh karena itu kita harus membuat peraga yang memberikan siswa kemampuan untuk dengan mudah mengubah posisi bulan relatif terhadap matahari dan pada berbagai deklinasi lebih dari sebulan. Memang, seperti yang terlihat dari bumi terhadap latar belakang bintang, bulan menggambarkan lintasan dalam sebulan lebih dekat dengan matahari dalam satu tahun, sesuai dengan garis "ekliptika" (tapi miring sekitar  $5^\circ$  disebabkan oleh inklinasi dari orbitnya).

Bulan berada dalam arah matahari ketika terdapat sebuah "bulan baru". Ketika terdapat sebuah "bulan purnama", pada titik yang berlawanan dengan ekliptika, dan deklinasinya berlawanan dengan matahari (dalam 5 derajat Utara atau Selatan). Misalnya, pada titik balik matahari di Juni, "bulan purnama" berada pada posisi dimana matahari selama titik balik matahari Desember; deklinasinya negatif (antara  $-18^\circ$  dan  $-29^\circ$ ). Gerakan harian dari bulan purnama pada bulan Juni ini mirip dengan matahari pada bulan Desember.

Jika kita memperhatikan berbentuk sabit "D" di belahan bumi bagian utara (dan "C" di bagian Selatan), kita mengetahui bahwa bulan  $90^\circ$  relatif terhadap matahari. Namun, itu adalah "jauh" dari matahari di lintasang ekliptika (sekitar tiga bulan bedanya). Di Juni, bulan sabit akan memiliki deklinasi mendekati deklinasi matahari di September ( $0^\circ$ ). Di September, bulan sabit akan memiliki deklinasi mendekati matahari di Desember ( $-23.5^\circ$ ), dan lain-lain.





Gambar. 30a: Bulan sabit miring, Gambar. 30b: Bulan Tersenyum.

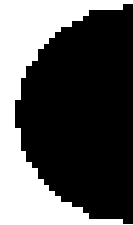
## Membuat Peraga

Peraga bulan dibuat dengan cara yang sama seperti membuat peraga matahari. Seperti sebelumnya, kita membutuhkan sebuah model untuk mensimulasikan pengamatan dari belahan bumi bagian utara, dan satunya lagi untuk belahan bumi bagian selatan (Gambar 13 dan 14 untuk belahan bumi bagian utara dan Gambar 13 dan 15 untuk belahan bumi bagian selatan). Hal ini juga merupakan ide yang baik untuk membuat satu lagi, dua kali lebih besar, untuk digunakan oleh guru.

Fasilitas seperti peraga matahari pada bulan yang memudar (dalam bentuk "C" untuk belahan bumi bagian utara, atau dalam bentuk "D" untuk belahan bumi bagian selatan) di tempat matahari dan mendapatkan sebuah peraga bulan. Berdasarkan petunjuk di berikut.

Dalam rangka untuk menempatkan bulan di peraga, potonglah gambar 31b (seperempat bulan) dan menempelkan dua potong selotipe pada dan di bawah potongan bulan tadi (setengah titik berwarna biru). Tempatkan klip transparan pada daerah peraga dimana bulan telah ditentukan (Gambar 12 atau 14 tergantung pada belahan buminya). Idenya adalah bahwa hal itu akan mudah untuk menggerakkan klip tersebut naik dan turun pada daerah peraga untuk menempatkannya di bulan pilihan.





Gambar. 31a: Menggunakan demonstran, Gambar. 31b: Bulan pada strip transparan seperempat Bulan.

## Menggunakan Peraga Bulan

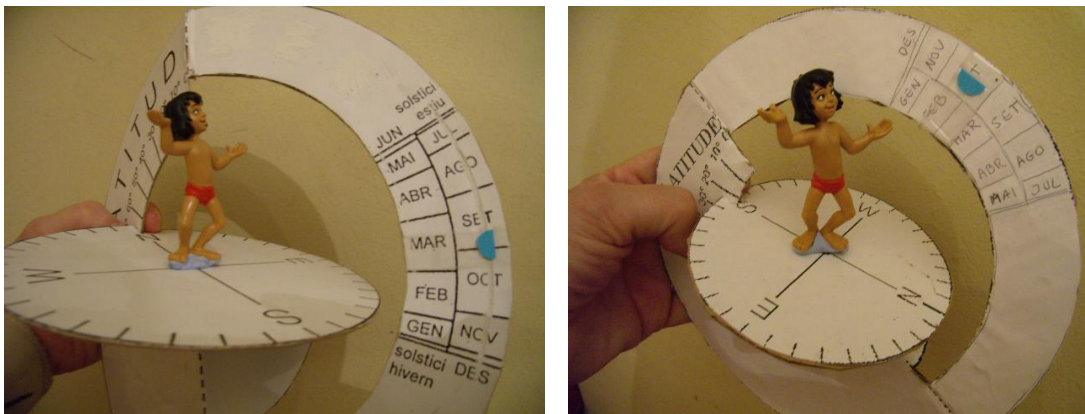
Untuk menggunakan peraga bulan kalian harus memilih lintang. Kita akan melakukan perjalanan imajinasi di atas permukaan bumi menggunakan peraga.

Menggunakan tangan kiri, memegang bagian utama dari peraga (Gambar 32) dengan daerah kosong (di bawah kuadran II lintang). Pilih lintang dan gerakkan disk horizon sampai menunjukkan lintang pilihan. Pilih hari yang diinginkan untuk mensimulasikan gerakan bulan memudar. Menambahkan tiga bulan ke nilai tersebut dan menempatkan bulan dalam fase keempat (Gambar 31b). Bulan pilihan yang berhadapan dengan bulan adalah dimana matahari akan ada dalam tiga bulan. Menggunakan tangan kanan untuk memindahkan disk yang memegang bulan dari timur ke barat.

Dengan peraga untuk belahan bumi bagian utara, kalian dapat melihat bahwa bentuk kuartal keempat bulan berubah dengan garis lintang dan di sepanjang tahun. Dari perspektif boneka, kuartal keempat memudarnya bulan dapat muncul sebagai "C" atau "U" di horizon.

- Jika memilih lintang sekitar  $70^{\circ}\text{N}$  atau  $70^{\circ}\text{S}$  kita dapat melihat seperempat bulan sebagai "C" bergerak dari Timur ke Barat. Sepanjang tahun tidak masalah. Untuk semua musim bulan tampak seperti "C" (Gambar 32a).
- Jika lintangnya  $20^{\circ}\text{N}$  atau  $20^{\circ}\text{S}$ , berarti pengamat berada dekat dengan daerah tropis, dan kita dapat melihat seperempat bulan tersenyum seperti "U". Bulan bergerak mengikuti sebuah garis lebih tegak lurus ke horizon daripada dalam contoh sebelumnya (Gambar 32b). Bentuk "U" tidak berubah untuk setiap bulan. Bentuknya akan selalu sama seperti ini sepanjang tahun.
- Jika lintangnya  $90^{\circ}\text{N}$  atau  $90^{\circ}\text{S}$ , berarti pengamat berada di kutub, dan tergantung pada hari yang akan diamati:

- Kita dapat melihat seperempat bulan sebagai "C" bergerak di lintasan yang sejajar dengan horizon.
- Kita tidak dapat melihatnya, karena lintasannya berada dibawah horizon.
- Jika lintangnya  $0^\circ$ , berarti pengamat di ekuator, dan kita dapat melihat seperempat bulan tersenyum seperti "U". Bulan terbit dan terbenam tegak lurus ke horizon. Bulan akan bersembunyi (pada siang hari) dalam bentuk "U", dan akan kembali terlihat seperti ini: "∩"



Gambar. 32a: Demonstrator untuk lintang  $70^\circ$  N, Gambar. 32b: lintang  $20^\circ$  S.

Untuk pengamat lain yang hidup di pertengahan lintang, seperempat bulan kuartar terbit dan terbenam lebih atau kurang pada suatu sudut, dan memiliki bentuk pertengahan antara "C" dan "U".

Pernyataan di atas berlaku juga untuk bulan dalam bentuk "D". Sekali lagi, kita harus mengingat untuk memperbaiki harinya (dalam hal ini kita harus mengambil tiga bulan) ketika dimasukkan ke dalam posisi matahari.

- Jika lintangnya  $-70^\circ$  (atau  $70^\circ$  selatan) kita dapat melihat memudarnya bulan seperti "D" yang bergerak dari timur ke barat. Hal ini tidak bergantung pada waktu di sepanjang tahun. Bentuk bulan di semua musim seperti "D".
- Jika lintangnya  $-20^\circ$  (Gambar 32b) berarti pengamat berada di daerah tropis dan melihat bulan tersenyum seperti "U", mungkin miring secara tajam. Bulan bergerak dalam lintasan yang tegak lurus ke horizon tidak seperti contoh sebelumnya (Gambar 32b). Bentuk "U" tidak berubah bergantung pada bulannya.
- Jika lintangnya  $-90^\circ$ , berarti pengamat berada di kutub selatan, dan berdasarkan tanggal, akan mampu untuk:
  - Melihat bulan seperti "D" yang bergerak dalam lintasan yang sejajar terhadap horizon.
  - Tidak melihat bulan, karena lintasannya berada di bawah horizon.

• Jika lintangnya  $0^\circ$ , seperti pada peraga belahan bumi bagian utara, berarti pengamat berada di ekuator, dan kita dapat melihat bulan tersenyum seperti “U”. Bulan terbit tegak lurus terhadap horizon dan akan bersembunyi (siang hari) dan muncul kembali seperti '∩'.

Untuk pengamat lainnya yang tinggal di pertengahan lintang, fase bulan terbit dan terbenam berada pada suatu posisi pertengahan antara “D” dan “U”, dan kemiringannya lebih atau kurang sesuai dengan lintang dari pengamatan..

Pernyataan tersebut dapat diaplikasikan dengan cara yang sama ketika bulan muncul seperti “C”, mengurangi tiga bulan dari posisi matahari..

*“Ucapan terimakasih: Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Joseph Snider untuk perangkat mataharinya yang dihasilkan pada tahun 1992 yang menginspirasi penulis untuk menghasilkan peraga lainnya”.*

## Daftar Pustaka

- Ros, R.M., *De l'intérieur et de l'extérieur*, Les Cahiers Clairaut, 95, 1, 5. Orsay, France, 2001.
- Ros, R.M., *Sunrise and sunset positions change every day*, Proceedings of 6th EAAE International Summer School, 177, 188, Barcelona, 2002.
- Ros, R.M., *Two steps in the stars' movements: a demonstrator and a local model of the celestial sphere*, Proceedings of 5th EAAE International Summer School, 181, 198, Barcelona, 2001.
- Snider, J.L., *The Universe at Your Fingertips*, Frankoi, A. Ed., Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 1995.
- Warland, W., *Solving Problems with Solar Motion Demonstrator*, Proceedings of 4th EAAE International Summer School, 117, 130, Barcelona, 2000.