

Astronomi di luar Pengamatan

Beatriz García, Ricardo Moreno

International Astronomical Union, National Technological University (Mendoza, Argentina), Retamar School (Madrid, Spain)

Ringkasa

Benda-benda luar angkasa memancarkan berbagai panjang gelombang dari spektrum elektromagnetik, tetapi mata manusia hanya dapat membedakan bagian-bagian kecil darinya yang disebut: daerah terlihat / “*the visible region*”. Terdapat beberapa cara melalui percobaan sederhana yang dapat menunjukkan keberadaan dari bentuk radiasi elektromagnetik yang tidak dapat kita lihat dengan mata telanjang. Pada presentasi kali ini, kamu akan dikenalkan dengan observasi di luar pengamatan dengan teleskop yang dapat digunakan untuk siswa sekolah SD, SMP dan SMA.

Tujuan

Aktifitas ini bertujuan untuk menunjukkan fenomena khusus di luar pengamatan dengan teleskop amatir seperti:

- Benda-benda luar angkasa yang dapat memancarkan energi elektromagnetik yang tidak dapat ditemukan oleh mata kita. Para astronomi tertarik pada panjang gelombang lainnya karena radiasi yang dapat dilihat itu sendiri tidak memberikan gambaran seutuhnya dari Alam Semesta.
- Emisi tampak pada daerah panjang gelombang radio, inframerah, *ultraviolet*, microwave dan *X-rays*.

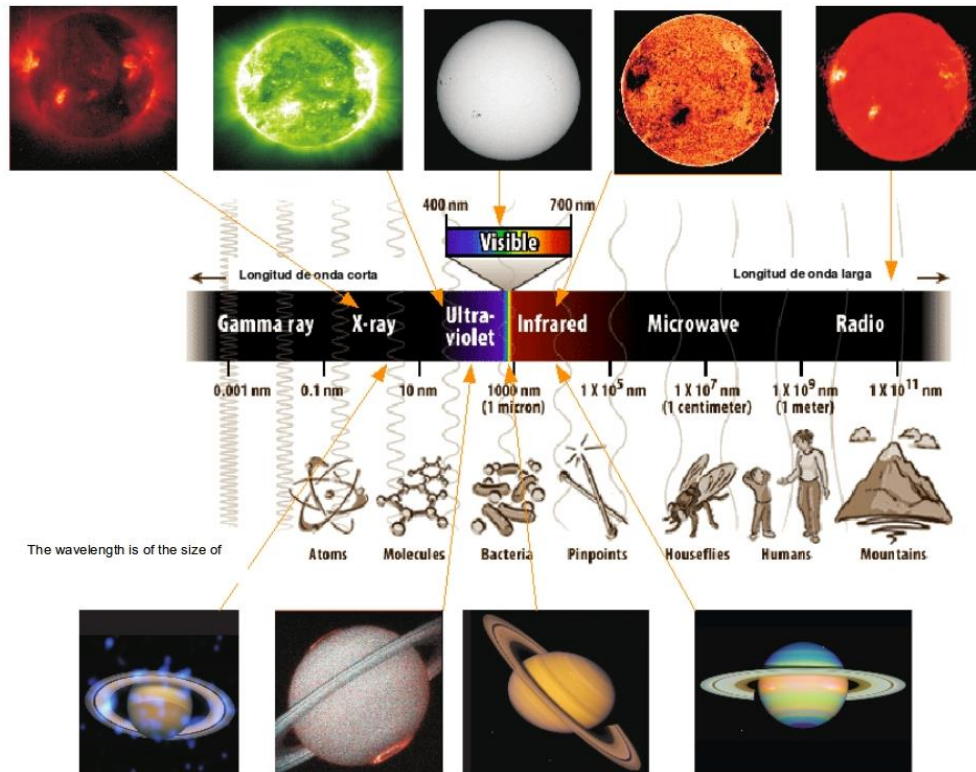
Spektrum Elektromagnetik

Panjang gelombang elektromagnetik mencakup frekuensi dan panjang gelombang dengan cakupan yang luas dan dapat dikategorikan sebagai sumber utama dari asalnya. Kategori ini tidak memiliki batasan tepat. Satu *set* dari semua panjang gelombang disebut spektrum elektromagnetik.

Gambar 8a memperlihatkan daerah berbeda pada spektrum dengan wilayahnya masing-masing. Ini mengindikasikan ukuran antara puncak panjang gelombang (panjang gelombang) dan beberapa objek dengan ukuran bentuknya: atom, lalat, gunung... untuk mengetahui berapa besar panjang gelombangnya.

Pada gambar yang sama, kita dapat menyadari bagaimana kita “melihat” Matahari dan Jupiter jika mengamati mereka pada panjang gelombang yang dimana mata kita tidak dapat mendeteksinya. Foto ini dibuat dengan alat pendeteksi khusus yang sensitive terhadap panjang gelombang.

Di Alam Semesta, ada material yang temperaturnya lebih rendah dari bintang, contohnya adalah awan dari material antar-bintang (*interstellar*). Awan ini tidak memancarkan radiasi yang terlihat, tetapi dapat dideteksi pada panjang gelombang panjang seperti inframerah, panjang gelombang mikro (*microwave*) dan panjang gelombang radio.



Gambar 1: Spektrum elektromagnetik, dengan ukuran objek dan panjang gelombangnya. Matahari (atas) dan Saturnus (bawah) diamati dari panjang gelombang yang berbeda (warna yang disimulasikan).



Gambar 2. Pusat Galaksi Milky Way digambarkan dengan beberapa panjang gelombang

Pengamatan Alam Semesta dari seluruh daerah spektrum elektromagnetik, dimana para ahli astronomi menyebut “pengamatan multi-panjang gelombang” atau “*multi-wavelength observation*”, memberikan gambaran lebih jelas mengenai strukturnya, suhu dan energi dan membuat model yang lebih realistis yang berhubungan dengan evolusi.

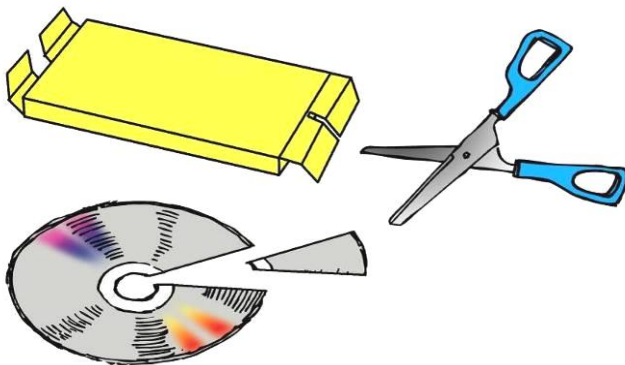
Gambar 2 menunjukkan pusat dari Galaksi *Milky Way* yang digambarkan oleh teleskop ruang angkasa Spitzer (inframerah), Hubble (terlihat) dan Chandra (*X-ray*). Di setiap hasil pengamatan tersebut, kita mengamati objek dan detail yang tidak terlihat di panjang gelombang lainnya.

Aktifitas 2: Membuat Spektrometer

Cahaya putih dari lampu pijar terdiri dari semua warna sedangkan cahaya lampu yang dari gas (lampu neon, lampu hemat energi, atau lampu jalan) terdiri dari hanya beberapa warna. Jika kita memisahkan warna cahaya, kita akan memperoleh spektrumnya, dimana jika gas terdiri dari satu set garis warna. Tiap-tiap tipe gas memiliki spektrumnya sendiri, dimana campuran “barcode” pada gasnya. Jika kita lihat pada cahaya dari galaksi jauh dengan spektroskop, karakteristik garis dari hidrogen dan gas lainnya condong menjadi warna merah (dikenal dengan “*redshift*”), dengan perpindahan lebih besar lebih jauh juga galaksi nya.

Dengan gunting yang kuat, potong bagian dari CD atau DVD menjadi bentuk (gambar 10a) yang tidak terkena labelnya. Jika menggunakan DVD, pisahkan lapisan atas dari bawah dengan potongan plastik (kamu mungkin membutuhkan gunting atau obeng untuk membantu) dan kamu harus persiapkan kekisi difraksi (*diffraction grating*). Jika kamu menggunakan CD, CD hanya memiliki satu lapisan plastik, dan kamu harus melepaskan lapisan metalnya dengan hati-hari. Gunakan silet untuk mempermudah.

Fotokopi templat (contoh) sesuai gambar 4. Jika menggunakan kertas A3, itu akan lebih akurat. Gunting templat, termasuk bagian putihnya, bagian berlekuk, dan buat potongan tipis pada garis dekat skala. Kamu tidak perlu menggunting skalanya. Rakit kotaknya, bagian hitam harus di dalam, tempel penutup-penutup kotak. Pada bolongan bagian berlekuk, tempel bagian CD atau DVD yang sudah dipotong tadi.



Gambar 3a: Bahan-bahan yang dibutuhkan: DVD, gunting dan kertas kotak.



Gambar 3b: Melepas lapisan metal pada CD dengan selotip.



Gambar 4: Melihat ke lampu neon.

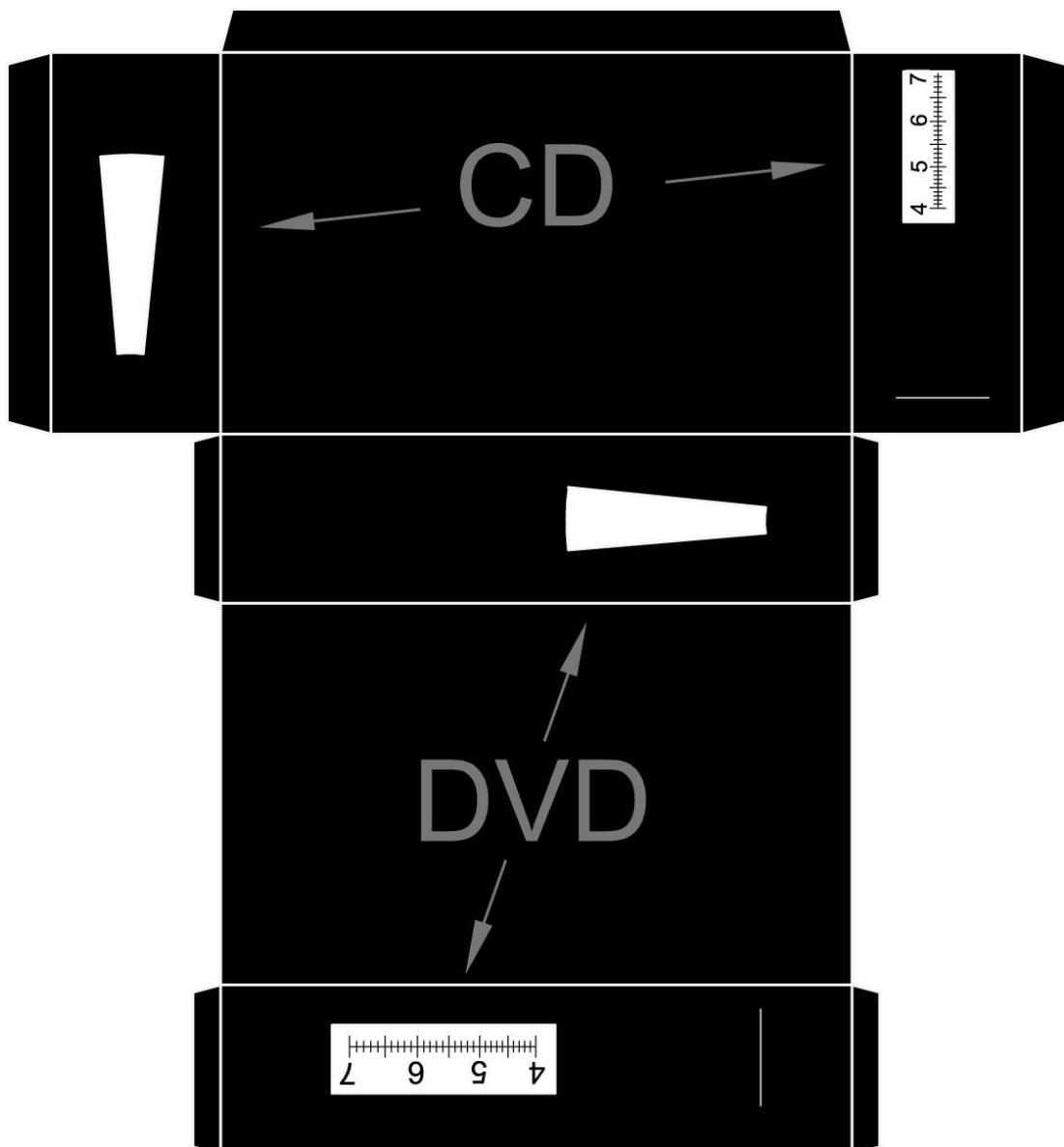


Fig. 5. Template for the spectrometer.

Lihat dari potongan DVD dan arahkan potongan tipis dari kotak tadi (bukan skala) pada lampu bertenaga rendah atau lampu neon (gambar 10). Kamu seharusnya dapat melihat garis emisi dari lampu gas pada skalanya. Jika kamu tidak bisa melihatnya, geser potongan tipis sampai garis warna terlihat. Skala tersebut dibaca dengan ukuran ratusan nanometer, contoh, jika di skala menunjukan 5 maka dibacanya 500nm ($500 \cdot 10^{-9} \text{ m}$). Makin sempit potongan tipis makin akurat ukuran panjang gelombang dari garis yang terbentuk.

Kamu juga dapat membuat kotak dari kertas konkord hitam (kertas lebih tebal), tetapi kamu harus menggunting bagian skala dan menambal di belakangnya dengan kertas putih sehingga kamu dapat melihat garisnya.

Kamu dapat mengamati lampu jalan, yang warna kuning (sodium) dan putih (merkuri vapor), keduanya akan berhasil. Lampu pijar kuning menghasilkan spektrum berkelanjutan.

Siswa yang lebih muda dapat membagi cahaya dan membuat pelangi. Gunakan selang air dengan diffuser, dan membelakangi matahari (gambar 6).



Gambar 6: Siswa yang lebih muda dapat membagi cahaya menjadi pelangi

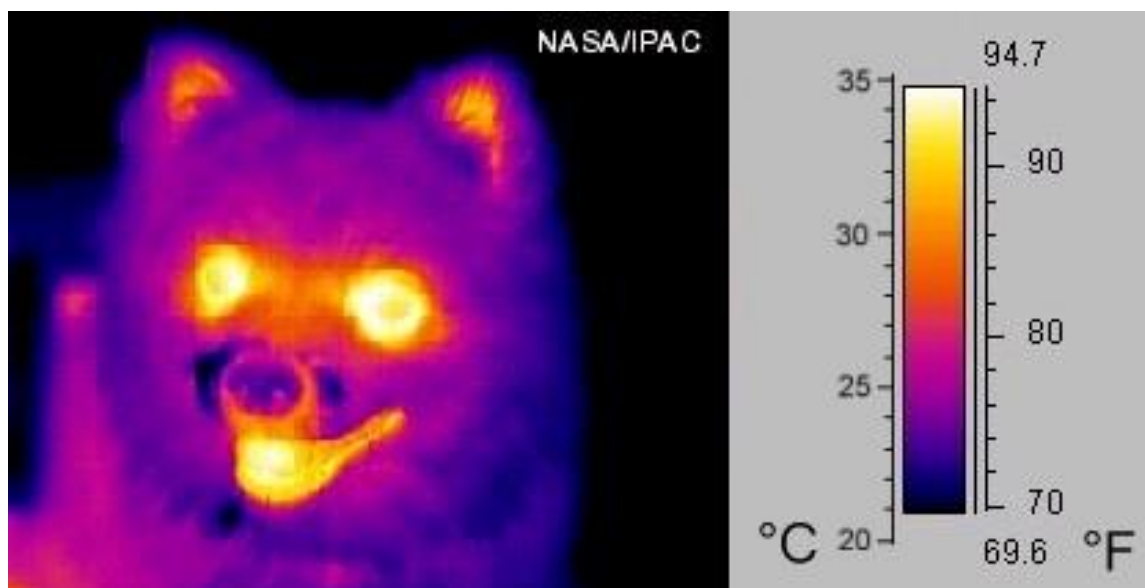
Apa yang dimaksud dengan Inframerah

Daerah inframerah dari spektrum elektromagnetik ditemukan oleh William Herschel (penemu planet Uranus) pada tahun 1800 menggunakan sebuah prisma dan termometer. Dia menghasilkan spektrum dengan melewati cahaya putih matahari melalui prisma dan menempatkan beberapa termometer, satu pada daerah biru, dan lainnya pada daerah merah (kedua warna dapat dilihat oleh mata) dan termometer ketiga ditempatkan pada warna di atas merah, dan seterusnya. Dengan termometer ke empat untuk mengukur suhu lingkungan dan menemukan bahwa suhu pada termometer di area “di bawah” merah (oleh karena itu dinamakan “infra”merah) lebih besar dari suhu lingkungan sekitar.

Herschel melakukan eksperimen lain dengan “heat rays” (dia menyebutnya begitu) bahwa yang ada di atas daerah merah dari spektrum menunjukkan bahwa mereka

memantulkan, membelokkan, menyerap dan memancarkan seperti cahaya terlihat. “*Heat rays*” ini disebut sinar inframerah atau radiasi inframerah. Penemuan ini dilanjutkan dengan yang lain yang menghasilkan beberapa aplikasi teknologi lain.

Tubuh yang menunjukkan suhu rendah tidak terpancarkan pada daerah spektrum yang terlihat, tetapi pada yang lebih panjang yang mengakibatkan energi yang terbuang lebih rendah. Contohnya adalah tubuh kita dan binatang memancarkan radiasi inframerah yang dapat kita deteksi dengan mata telanjang dimana dirasakan sebagai pancaran panas pada tubuh. Semua objek yang ada pada suhu tertentu memancarkan inframerah (gambar 6 dan 7). Kacamata untuk melihat dalam gelap dapat mendeteksi radiasi tersebut yang tidak bisa dilihat oleh mata kita.



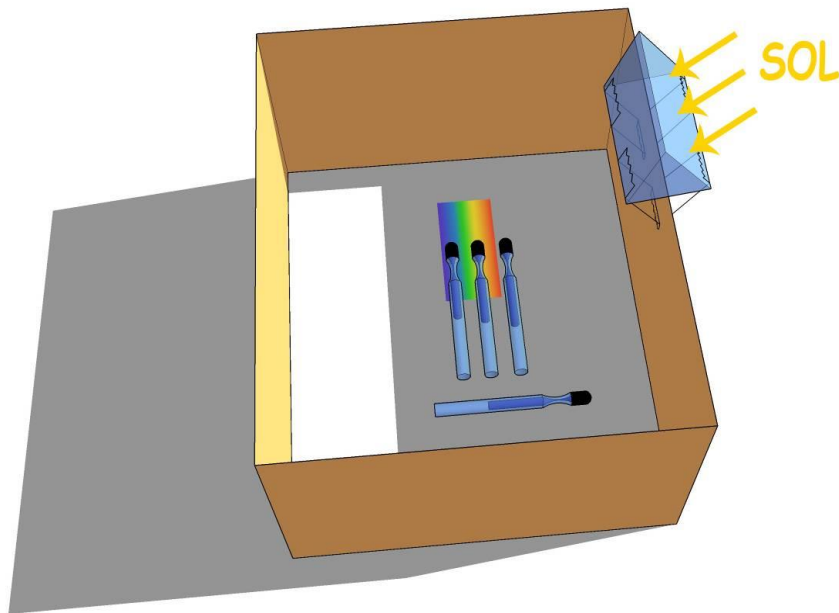
Gambar 7: Gambar Inframerah. Kita dapat memvisualisasikan dengan warna dari area panas ke dingin.

Aktifitas 3: Percobaan Herschel pada IR band

Tujuannya adalah untuk mengulang percobaan yang dilakukan pada tahun 1800 oleh ahli astronomi terkenal Sir Willian Herschel yang menemukan bentuk dari radiasi lain dari cahaya yang terlihat. Kita membutuhkan sebuah prisma, 4 termometer, spidol hitam permanen, gunting, selotip, kotak kardus, dan kertas putih. Kita tempel pentolan termometer dan diwarnai hitam dengan spidol hitam untuk menyerap matahari lebih baik.

Percobaan ini harus dilakukan di luar ruangan, dengan cuaca yang sangat cerah. Jika berangin, percobaan dapat dilakukan di dalam ruangan, dengan menempatkan alat dekat jendela yang dapat memancarkan sinar matahari masuk ke ruangan secara langsung. Letakkan kertas putih pada bawah kardus, jadi pada sisi matahari. Di dalam kardus harus semuanya tertutup atau hampir semuanya tertutup bayangan (gambar 8 ke 9c). Putar prisma sampai spektrum terlihat selebar mungkin pada kertas di bawah kotak.

Setelah mendapatkan posisi prisma, letakkan 3



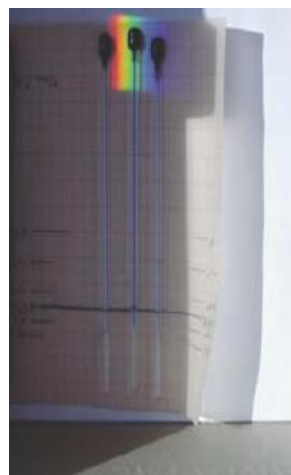
Gambar 15: Alat Herschel. 3 termometer pada spektrum menandakan suhu lebih tinggi dari suhu lingkungan sekitar.

Termometer pada cahaya spektrum sehingga tiap pentolan tersebut satu warna: satu pada daerah biru, yang lain di kuning dan yang ketiga ada pada sedikit ke daerah warna merah yang terlihat. Ini dapat membantu kita melihat ukuran skala, jangan geser termometer ketika sedang melakukan pengamatan (gambar 8 ke 9c).

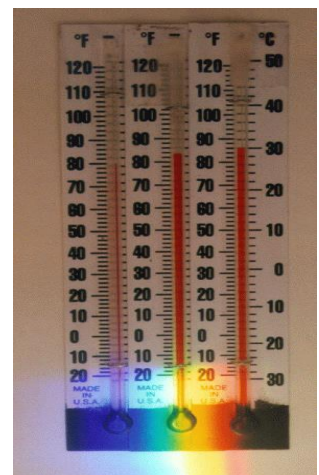
Temperatur membutuhkan waktu 5 menit untuk sampai pada hasil akhir. Kita mencatat temperatur tiap menit pada table di tiap 3 daerah warna spektrum dan juga suhu lingkungan sekitar. Kita tidak boleh menggeser posisi termometer pada spektrumnya atau menutupi cahaya.



Gambar 16a: Letakkan 3 termometer, dengan pentolan hitam, dan spektrum pada sisi bayangan.



Gambar 16b: Termometer pada biru, kuning dan merah.



Gambar 16c: Contoh pengukuran dalam 3 menit
(www.spitzer.caltech.edu)

	Thermometer n° 1 in the blue	Thermometer n° 2 in the yellow	Thermometer n° 3 beyond red	Thermometer n° 4 in shadow
After 1 minute				
After 2 minutes				
After 3 minutes				
After 4 minutes				
After 5 minutes				

Tabel 1: Tabel data percobaan

Aktifitas 4: Mendeteksi inframerah dengan alat teknologi modern

Jika kita ingin mendeteksi inframerah dengan teknologi modern, mungkin yang pertama kali terfikirkan adalah mode malam, yang dapat melihat inframerah terpancar dari tubuh kita. Tetapi bukan alat yang dapat didapatkan oleh siapapun. Pertimbangkan alat yang lebih ekonomis dan mudah didapat.

Remot kontrol untuk menyalakan TV, radio dan *microwave* menggunakan inframerah (jangan gunakan juga yang memiliki lampu pijar merah). Adakan cara untuk melihat radiasi yang tidak-terlihat dan tiba-tiba menjadi sesuatu yang terdeteksi?



Gambar 17a: Remot dilihat dengan mata telanjang.



Gambar 17b: Remot dilihat dari telepon genggam.

Untuk itu kita harus mencari alat pendeteksi (*detector*) yang sensitif terhadap inframerah. Ada beberapa produk teknologi, karena perkembangan studi untuk cahaya pada Astronomi, disebut CCD (singkatan dari: *Charged Coupled Device*). Alat ini dapat menangkap dan mengumpulkan foton untuk beberapa waktu, lalu kita dapat “melihat” objek yang

memancarkan refleksi cahaya. CCD lebih sensitif dari area merah dan pada beberapa persoalan cakupan efisiensinya mendekati cakupan inframerah. Kamera atau *camcorder* memiliki CCD untuk akuisisi gambar. Alat ini dapat mengambil gambar pada kondisi level iluminasi yang sangat rendah. Alat yang paling gampang, yang selalu kita gunakan, dan memiliki kamera yang ada alat pendeteksi CCD yaitu telepon genggam.

Lihat remot kontrol dengan mata telanjang, kita tidak bisa membedakan antara hidup atau mati, lihat gambar 10a. Tetapi jika kita mengambil foto dengan telepon genggam yang sama, dan remot kontrol aktif (lihat 10b).

Kejutan! Alat yang kita gunakan untuk memberikan sinyal untuk menghidupkan TV atau alat elektronik lainnya memiliki cahaya inframerah yang mata telanjang kita tidak dapat lihat tetapi di kamera bisa.

Aktifitas 5: Mendeteksi cahaya inframerah pada bola lampu

Kebanyakan benda-benda langit memancarkan banyak panjang gelombang. Jika diantara mereka dan kita terdapat debu atau gas, beberapa panjang gelombang dapat terhalang, tetapi tidak yang lainnya. Contohnya adalah debu di pusat galaksi kita mencegah kita untuk melihat cahaya terlihat yang intensitasnya tinggi yang dihasilkan dari konsentrasinya jutaan bintang disana. Tetapi bagaimanapun debu itu transparan pada cahaya inframerah yang dapat menembusnya dan sampai terlihat kita. Ini juga berlaku pada awan debu gelap lain pada galaksi kita (gambar 11a dan 11b).



Gambar 11a: Awan debu pada daerah yang terlihat



Gambar 11b: Dengan lapisan penglihatan inframerah

Pada pemancaran dari bola lampu pijar, hampir semua energi memancarkan pada daerah terlihat, tetapi juga memancarkan inframerah. Radiasi inframerah dapat terlewat walaupun pada benda yang tak tembus cahaya atau buram.

Mari kita mengambil senter dan kain (gambar 12a dan 12b). Bahan kainnya yang tidak terlalu tipis dan menghalangi cahaya yang terlihat. Mari kita lihat di ruang yang gelap dan hidupkan

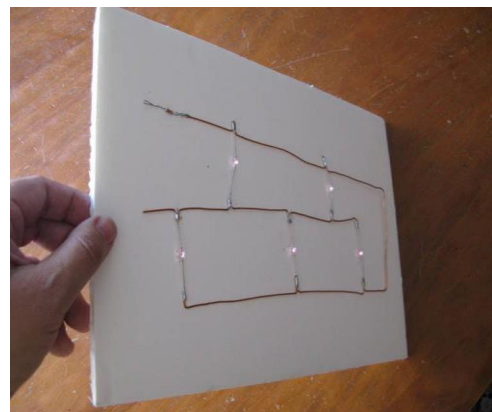
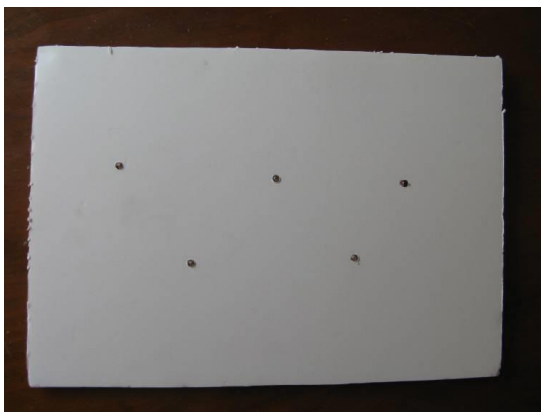
senter. Lalu kita tutup dengan kain dan terbukti bahwa kita tidak dapat melihat cahayanya. Jika tidak, tutup lagi hingga 2-3 lapis. Jangan gunakan berlebihan, karena radiasi inframerah juga dapat terhalang jika terlalu banyak. Pada ruangan yang cukup gelap, jika kita mengamatinya dengan kamera telepon genggam, yang dapat menangkap radiasi inframerah, kita dapat melihat sinar cahayanya (gambar 12a dan 12b).



Gambar 19a dan 19b. Cahaya terlihat terhalang seluruhnya tetapi tidak pada inframerah.

Activity 6: Constellation with infrared

Pada toko elektronik atau toko *online*, kamu dapat membeli lampu LED inframerah, persis seperti lampu yang digunakan pada remot TV, alat musik, dll. Harganya sangat murah (sekita 0.2 *euro* atau *dollar* atau 3,000 rupiah). Lampu tersebut bekerja pada baterai 3 atau 9V, atau dengan sumber tenaga DC. Lampu tersebut tersambung secara paralel dengan hambatan antara 100 dan 500 Ω .



Gambar 20a dan 20b: *Cassiopea* terbuat dari lampu LED inframerah. Mereka tersambung secara paralel .

Kamu dapat membuat sirkuit kecil dengan beberapa LED, membentuk bintang yang cukup dikenal, contohnya adalah rasi *Cassiopea* (gambar 13a dan 13b), *Orion*, *Southern Cross* atau *Ursa Mayor* (tergantung pada rasi bintang yang kamu lihat pada tempat kamu tinggal). Amati menggunakan kamera telepon genggam, kamu bisa melihat inframerahnya.

Aktifitas 7. Rasi Bintang dengan remot kontrol

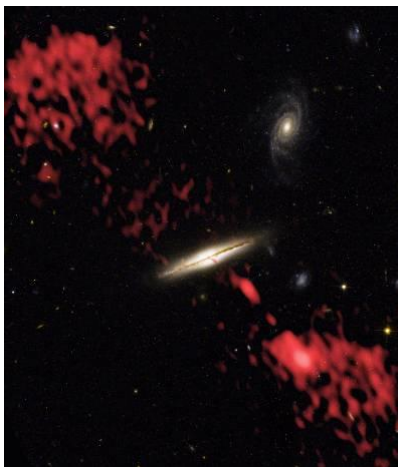
Demonstrasi untuk membuat “rasi bintang” yang lebih mudah dari percobaan sebelumnya yaitu menggunakan beberapa remot kontrol inframerah. Jika remot kontrol digambarkan pada keadaan gelap dengan kamera *digital*, kamu dapat melihat rasi bintangnya (gambar 14a dan 14b).



Gambar 14a dan 14b: Membuat rasi *Southern Cross* dengan remot kontrol

Energi Elektromagnetik pada daerah radio

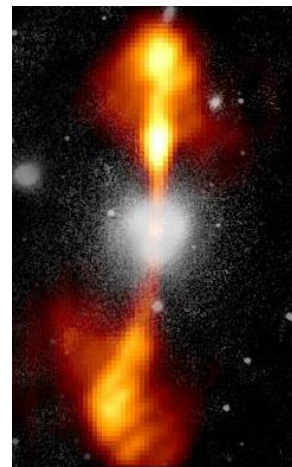
Radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang dari meter ke kilometer disebut gelombang radio. Mereka digunakan untuk stasiun komersial, tetapi sampai ke kita dari angkasa. Dan mereka menunjukan morfologinya yang dimana panjang gelombang lainnya tidak (gambar 15a, 15b dan 15c).



Gambar 15a. Galaksi ini memancarkan pancaran yang hanya dapat terdeteksi pada radio (kemerah-merahan).



Gambar 15b: Foto dari galaksi NGC 4261 yang terlihat .



Gambar 15c: Galaksi yang sama dengan lapisan radio. Ada beberapa pancaran yang kemerah-merahan.

Pada Alam Semesta, terdapat banyak sumber radio yang kuat seperti pusat galaksi, bintang *neutron* pada rotasi cepat, atau bahkan beberapa planet seperti planet Jupiter.

Aktifitas 8: Menghasilkan gelombang radio

Ketika kamu membuka dan menutup sambungan listrik, terdapat gelombang radio, mirip dengan siaran komersial. Kamu dapat menangkap pada radio AM dan diubah ke suara, ini termasuk tipe gelombang yang lain. Daya dari pancaran radio ini berkurang ketika yang penerima menjauh. Gelombang radio dapat melewati beberapa halangan termasuk dinding.

Untuk melakukan ini, kita memerlukan 2 buah kabel sepanjang 20 cm masing-masing. Kita buang plastik pada 2 ujung tiap kabel. Pada kabel yang lain, buang juga plastik pada salah satu ujung dan sisakan sepanjang 10cm dengan plastiknya; buang sisa plastik yang lain. Sisa kabel yang lainnya digulung bulat. Steker ujung lain ke baterai 9V.

Kita gunakan pensil lancip di ujung-ujungnya. Kita akan gunakan isi pensil sebagai sumber dari radiasi gelombang. Pada ujung satunya, sambungkan ujung pensil ke potongan kabel pertama, lem dengan selotip. Ujung lainnya tersambung dengan terminal kedua dari baterai (gambar 16).

Nyalakan radio dan atur ke radio AM (bukan FM). Kita bentur dengan gulungan kabel dengan ujung pensil. Pindahkan garis radio sampai kamu mendengar bahwa kita sedang menyadap. Kita juga dapat mencoba menjauhkan radio, untuk menaruh halangan lain seperti kardus, kayu, dll. Kita juga dapat memindahkan radio ke ruangan lain untuk membuktikan kita dapat mendengar atau tidak.



Gambar 16. Menghasilkan gelombang radio.

Sinar Ultraviolet

Ultraviolet poton memiliki energi lebih daripada cahaya yang terlihat pada normalnya. Radiasi pada dosis tinggi dapat menghancurkan ikatan kimia pada molekul organik, dan ini mematikan untuk kita. Pada kenyataannya, sinar ini digunakan untuk mensterilkan alat-alat bedah atau operasi.

Matahari memancarkan radiasi ini, tetapi untungnya atmosfer kita (khususnya ozon) menyaring hampir seluruh sinar ini dan berguna bagi kehidupan. Radiasi ini yang membuat kulit kita menjadi hitam (walaupun kebanyakan radiasi ini menyebabkan kanker kulit), diserap oleh tumbuhan untuk fotosintesis dan seterusnya. Tetapi jika lapisan ozon berkurang ketebalannya, Bumi akan menerima dosis yang terlalu tinggi dan penyakit kanker akan meningkat.

Aktifitas 9: Lampu Hitam (UV)

Ada lampu bohlam yang disebut lampu hitam yang sebagian besar memancarkan sinar ultraviolet (UV) dan sering digunakan untuk pertumbuhan tanaman pada rumah kaca atau pada area yang sinar matahari sedikit. Kaca dari lampu ini hampir semuanya warna hitam, dan memancarkan sedikit cahaya biru hitam. Beberapa kain sintetik pada kaos putih (terutama baju yang dicuci dengan pemutih) berpendar sinar nya berwarna ungu cerah. Itulah mengapa tipe cahaya ini digunakan pada tempat disko, dimana tisu berwarna putih berubah menjadi warna redup.

Alat ini juga digunakan untuk membuktikan uang dari berbagai negara: memeriksa garis-garis kecil pada bahan berpendar yang dapat dilihat dengan bantuan iluminasi dari sinar UV (gambar 17). Oleh karena itu ini dapat dibuktikan bahwa ini bukan uang palsu. Lampu ini dibuat sebagai alat pendeteksi uang palsu (gambar 18). Banyak kartu ATM memiliki tanda yang dapat dilihat hanya dari sinar UV.



Gambar 17: Uang pecahan 50 euro yang dilihat dengan bantuan sinar UV menunjukkan garis berpendar yang ditandai dengan garis panah.



Gambar 18: Alat Pendeteksi Uang Palsu, yang menggunakan sinar UV

X-Ray

Lebih besar energinya dari UV yaitu radiasi *X-Ray*. Sinar ini digunakan untuk keperluan kesehatan pada radiografi dan bentuk diagnosa radiologi lainnya (gambar 19a).

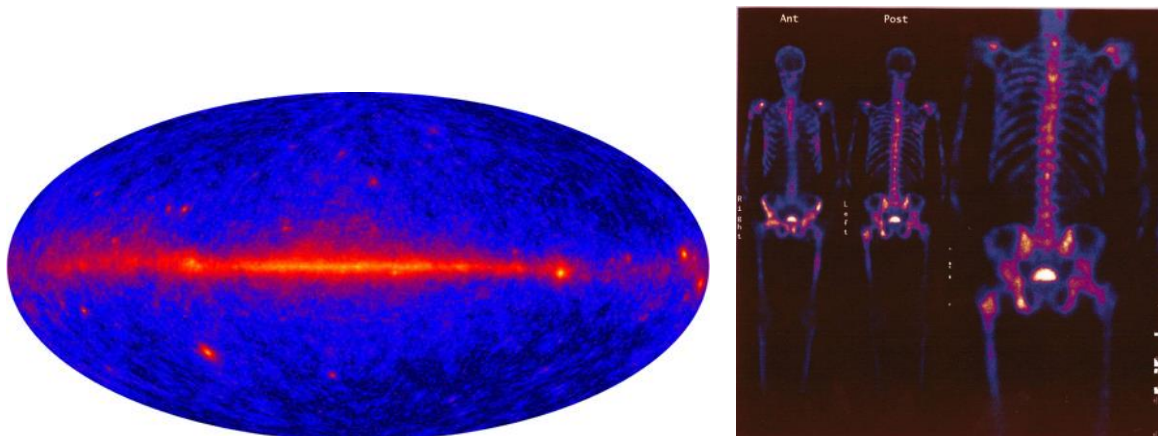


Gambar 19a: *X-Ray* digunakan pada kesehatan. Gambar 19b: Galaksi M81 dengan pusatnya digambarkan *pada X-Ray*, diperkirakan keberadaan lubang hitam yang sangat besar

Pada Alam Semesta/Kosmos, *X-Ray* dikategorikan sebagai kejadian dan benda yang paling besar energinya: *black holes* atau lubang hitam, *quasars*, *supernova*, dll. Misi dari teleskop luar angkasa Chandra yaitu sebagai pendeteksi dan memonitor benda-benda ini (gambar 19b).

Sinar Gamma

Pada akhir spektrum, yang panjang gelombangnya lebih pendek dari *X-Ray* yaitu radiasi sinar gamma. Ini adalah radiasi yang paling besar energinya. Pada Alam Semesta, terdapat beberapa sumber (gambar 20a), dan biasanya dapat mendeteksi kejadian erupsi hebat yang memancarkan ledakan yang sangat kuat dari sinar gamma untuk beberapa menit atau jam.



Gambar 20a: Peta Alam Semesta yang dilihat dari “Teleskop Luar Angkasa Sinar-Fermi Gamma”. Garis pusat tersebut adalah galaksi kita. Gambar 20b: Gambar tulang hasil *scan* dengan sinar gamma pada tubuh manusia

Dikarenakan sinar ini sangat pendek, permasalahannya adalah bagaimana mendeteksi dan mendefinisikan lokasi pastinya untuk mengetahui objek apa yang menghasilkan radiasi ini. Objek seperti *Active Galactic Nuclei*, *pulsars* dan *supernova* telah diidentifikasi sebagai sumber sinar gamma.

Pada bumi, radiasi ini dipancarkan kebanyakan oleh elemen-elemen radioaktif seperti *X-Rays*, mereka digunakan pada penggambaran medikal (gambar 20b) dan terapi untuk menyembuhkan penyakit kanker.

Daftar Pustaka

- Mignone, C., Barnes, R., More than meets the eye: how space telescopes see beyond the rainbow, Science in the School, Eiro Forum, 2014
- Moreno, R, *Experimentos para todas las edades*, Ed. Rialp. Madrid 2008.

Sumber Internet

- Spitzer Telescope, Educacion, California Intitute of Technology.
<http://www.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/index.shtml>
- http://www.scienceinschool.org/2014/issue29/EM_Astronomy
- <https://www.khanacademy.org/science/cosmology-and-astronomy/universe-scale-topic/light-fundamental-forces/v/introduction-to-light>
- Chandra X-ray Observatory <http://chandra.harvard.edu/about/>
- The Fermi Gamma-ray Space Telescope <http://fermi.gsfc.nasa.gov/>