

Ensiklopedia

Cahaya

Terintegrasi sains Al-Qur'an



Tri Erniwati
Okimustava, M.Pd.,Si

Ensiklopedia Cahaya

Terintegrasi Sains Al-Qur'an

Tri Erniwati
Okimustava, M.Pd.,Si



Penerbit K-Media
Yogyakarta, 2018

ENSIKLOPEDIA CAHAYA TERINTEGRASI SAINS AL-QUR'AN

viii + 147 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISBN: 978-602-451-265-1

Penulis : Tri Erniwati & Okimustava

Content Review : Dr. Moh. Toifur, M.Si. &
Eko Nursulistiyo, M.Pd

Design Review : Drs. Ishafit M.Si. &
Rachmad Resmiyanto, S.Si.,M.Sc

Tata Letak : Tri Erniwati

Desain Sampul : Tri Erniwati & Ayu Nuangsari

Cetakan : September 2018

Copyright © 2018 by Penerbit K-Media
All rights reserved

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang No 19 Tahun 2002.

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektris mau pun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis dan Penerbit.

Isi di luar tanggung jawab percetakan

Penerbit K-Media
Anggota IKAPI
Perum Pondok Indah Banguntapan, Blok B-15
Potorono, Banguntapan, Bantul. 55196. Yogyakarta
e-mail: kmedia.cv@gmail.com

KATA PENGANTAR

Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) diharapkan dapat dibarengi dengan peningkatan iman dan takwa. Allah SWT telah menurunkan Al-Qur'an sebagai pedoman hidup seluruh umat manusia. Oleh karena itu, hendaknya manusia berusaha memahami Al-Qur'an sesuai dengan *basic* keilmuan dan pengetahuan masing-masing agar diperoleh manfaat sebanyak-banyaknya.

Ensiklopedia ini merupakan produk skripsi *R&D*, dilengkapi dengan kajian materi fisika yang diintegrasikan dengan nilai-nilai dalam Al-Qur'an. Dengan diintegrasikannya fisika dan Al-Qur'an diharapkan mampu memberikan informasi mengenai isyarat ilmiah pada materi cahaya dan menambah semangat pembaca untuk mengkaji tentang Islam.

Ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian ensiklopedia ini. Semoga Ensiklopedia ini bermanfaat di atas segenap kekurangannya.

Agustus, 2018

Penulis

PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Keputusan bersama Menteri Agama dan Menteri P dan K Nomor:
158 Tahun 1987 – Nomor: 0543b/u/1987

Tabel 1. Pedoman Transliterasi Arab - Latin

1. Konsonan					
No	Arab	Latin	No	Arab	Latin
1	ا	Tidak dilambangkan	16	ط	ṭ
2	ب	B	17	ظ	ẓ
3	ت	T	18	ع	'
4	ث	Ṣ	19	غ	g
5	ج	J	20	ف	f
6	ح	ḥ	21	ق	q
7	خ	Kh	22	ك	k
8	د	D	23	ل	l
9	ذ	ẓ	24	م	m
10	ر	R	25	ن	n
11	ز	Z	26	و	w
12	س	S	27	ه	h
13	ش	Sy	28	ء	'
14	ص	ṣ	29	ي	y
15	ض	ḍ			

2. Vokal Pendek	3. Vokal Panjang	4. Diftong
A	Ā	ai
I	Ī	au
U	Ū	

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iv
Pedoman Transliterasi Arab – Latin	v
Daftar Isi	vi
CAHAYA	1
Hakekat Cahaya	2
CAHAYA SIANG DAN MALAM.....	9
Rotasi Bumi	11
1. Pergantian Siang dan Malam	12
2. Gerak Semu Harian Matahari	19
3. Fajar	22
a. Fajar Kadzib/Zodiacal Light	23
b. Fajar Shadiq/Twilight	25
c. Membedakan Fajar	27
d. Menentukan Waktu Subuh	29
4. Senja	33
5. Sunrise dan Sunset	37
a. Sunrise	37
b. Sunset	39
c. Mengapa Gelap?	40
CAHAYA LANGIT DAN BUMI	45
Bintang – Bintang	46
1. Orbit Bintang – Bintang	52
2. Lubang Hitam: Kuburan Bintang – Bintang	60

Matahari sebagai Pelita	63
Matahari sebagai Sumber Energi	65
Bulan	69
SINAR DAN CAHAYA	76
Sinar (Dhiyaa/Ray)	80
1. Jenis – Jenis Sinar	82
2. Gelombang – Partikel	85
3. Foton	87
4. Kuantum dari Radiasi	88
Cahaya (Nuur/Light)	89
1. Pemantulan Cahaya	90
a. Sifat Alami Cahaya	90
b. Hukum Pemantulan Cahaya	91
c. Cermin Datar	92
d. Cermin Lengkung	95
1) Cermin Cekung	95
2) Cermin Cembung	99
e. Persamaan pada Cermin Lengkung	103
f. Ukuran Bayangan	107
g. Contoh Pemantulan Cahaya	108
2. Pembiasan Cahaya	110
a. Laju Cahaya	110
b. Indeks Bias	111
c. Fenomena Pembiasan	112
d. Pembiasan pada Prisma	114
e. Fatamorgana	117
f. Lensa Tipis	118

1) Lensa Cembung	119
2) Lensa Cekung	126
g. Contoh Pembiasan Cahaya	129
NAMA – NAMA LATIN ILMUWAN MUSLIM	132
Az – Zahrawi	133
Al – Haitsam	134
Ibnu Rusyd	136
Al – Battani	138
Al – Khawarizmi	139
Al – Farabi	141
Ibnu Sina	142
DAFTAR PUSTAKA	144
INDEKS	147

A dramatic sky with sunbeams and clouds. The sun is partially obscured by dark, heavy clouds, creating a bright, golden glow. Sunbeams (crepuscular rays) radiate from the sun, cutting through the lighter, wispy clouds. The overall color palette is a mix of deep blues, greys, and bright yellows and oranges.

CAHAYA



Sumber: PDPics, 2011

HAKEKAT CAHAYA

Cahaya adalah gelombang yang memindahkan tenaga tanpa perambatan massa, seperti halnya bunyi. Bunyi merupakan getaran unsur-unsur udara di bawah pengaruh kakas-kakas mekanis, sifat-sifatnya hanyalah konsekuensi hukum-hukum mekanika yang diterapkan pada unsur-unsur itu. Cahaya bukanlah getaran dari zat materi apapun dan sifat-sifatnya tidak dapat diturunkan

dari mekanika. Cahaya adalah fenomena yang berbeda secara mendasar yang tidak punya basis di dalam mekanika. Namun demikian, cahaya tetap memiliki sifat-sifat umum gelombang.

Al-Qur'an menyebut kata cahaya sebanyak 43 kali, bahkan digunakan sebagai nama sebuah surat yaitu surat An-Nuur.



Sumber: learnreadquran.com, 2017

Gambar 1. Al-Qur'an

Cahaya dari Allah dituangkan dalam Firman-Nya berupa kitab yaitu Al-Qur'an. Seperti terlihat pada gambar 1, Al-Qur'an ditulis dalam Bahasa Arab dan diturunkan kepada Nabi Muhammad saw sebagai pedoman hidup bagi seluruh umat manusia. Al-Qur'an menjelaskan apa yang ada di dunia ini baik yang tersembunyi maupun yang terlihat oleh mata manusia. Dengan Al-Qur'an, manusia akan ditunjukkan jalan keselamatan dan akan dikeluarkan dari kegelapan menuju kepada penerangan, dari keruwetan menuju kepada kemudahan karena cahaya Allah yang berupa Al-Qur'an ini.

Makna cahaya dalam perspektif Al-Qur'an adalah:

- 1) Cahaya Allah yang merupakan cahaya di atas cahaya iman

Allah berfirman pada QS. An-Nuur ayat 35:

﴿ اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ ۗ مِثْلُ نُورِهِ ۗ كَمِشْكَاةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ ۗ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ ۗ الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ

مِنْ شَجَرَةٍ مُبْرَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا
 يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ نُورٌ عَلَى نُورٍ يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ مَنْ
 يَشَاءُ وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ لِلنَّاسِ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ ﴿٣٥﴾

“Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya Allah, adalah seperti sebuah lubang yang tak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam kaca (dan) kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang berkahnya, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di sebelah timur (sesuatu) dan tidak pula di sebelah barat(nya), yang minyaknya (saja) hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. Cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis), Allah membimbing kepada cahaya-Nya siapa yang Dia kehendaki, dan Allah memperbuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, dan Allah Maha mengetahui segala sesuatu” (QS. An-Nur: 35).

Menurut tafsir Jalalayn, yang dimaksud dengan cahaya Allah adalah petunjuk-Nya kepada orang Mukmin. Maksud dari hal itu adalah cahaya di atas cahaya iman (Allah membimbing kepada cahaya-Nya) yaitu kepada agama Islam (siapa yang Dia kehendaki,

dan Allah memperbuat) yakni menjelaskan (perumpamaan-perumpamaan bagi manusia) supaya dapat dicerna oleh pemahaman mereka, kemudian supaya mereka mengambil pelajaran daripadanya, sehingga mereka mau beriman (dan Allah Maha Mengetahui segala sesuatu) antara lain membuat perumpamaan ini.

2) Cahaya merupakan Rahmat Allah

Firman Allah dalam QS. Al-Ahzab ayat 43:

هُوَ الَّذِي يُصَلِّي عَلَيْكُمْ وَمَلَائِكَتُهُ لِيُخْرِجَكُم مِّنَ الظُّلُمَاتِ إِلَى النُّورِ وَكَانَ بِالْمُؤْمِنِينَ رَحِيمًا ﴿٤٣﴾

“Dialah yang memberi rahmat kepadamu dan malaikat-Nya (memohonkan ampunan untukmu), supaya Dia mengeluarkan kamu dari kegelapan kepada cahaya (yang terang). Dan adalah Dia Maha Penyayang kepada orang-orang yang beriman” (QS. Al-Ahzab: 43).

Menurut tafsir Quraish Shihab, yang dimaksud dengan cahaya pada ayat ini adalah rahmat Allah. Allah

berjanji memberikan kelembutan dan kasih sayangnya, sementara para malaikat-Nya memohonkan ampunan bagi manusia agar Allah membebaskan manusia dari gelapnya kekufuran dan kesesatan menuju cahaya iman dan ketaatan. Kasih sayang Allah amat besar pada orang-orang yang beriman.

3) Cahaya adalah Kitabullah

Seperti yang tercantum dalam QS. Al-Maidah ayat 15-16:

يَا أَهْلَ الْكِتَابِ قَدْ جَاءَكُمْ رَسُولُنَا يُبَيِّنُ لَكُمْ كَثِيرًا
مِمَّا كُنْتُمْ تُخْفُونَ مِنَ الْكِتَابِ وَيَعْفُو عَنْ كَثِيرٍ قَدْ
جَاءَكُمْ مِنَ اللَّهِ نُورٌ وَكِتَابٌ مُبِينٌ ﴿٥٦﴾ يَهْدِي بِهِ اللَّهُ
مَنِ اتَّبَعَ رِضْوَانَهُ سُبُلَ السَّلَامِ وَيُخْرِجُهُم مِّنَ الظُّلُمَاتِ
إِلَى النُّورِ بِإِذْنِهِ وَيَهْدِيهِمْ إِلَى صِرَاطٍ مُسْتَقِيمٍ ﴿٥٧﴾

“(15) Hai ahli Kitab, Sesungguhnya telah datang kepadamu Rasul Kami, menjelaskan kepadamu banyak dari isi Al-

Kitab yang kamu sembunyikan, dan banyak (pula yang) dibiarkannya. Sesungguhnya telah datang kepadamu cahaya dari Allah, dan kitab yang menerangkan. (16) dengan kitab itulah Allah menunjuki orang-orang yang mengikuti keridhaan-Nya ke jalan keselamatan, dan (dengan kitab itu pula) Allah mengeluarkan orang-orang itu dari gelap gulita kepada cahaya yang terang benderang dengan seizin-Nya, dan menunjuki mereka ke jalan yang lurus” (QS. Al-Maidah: 15-16).

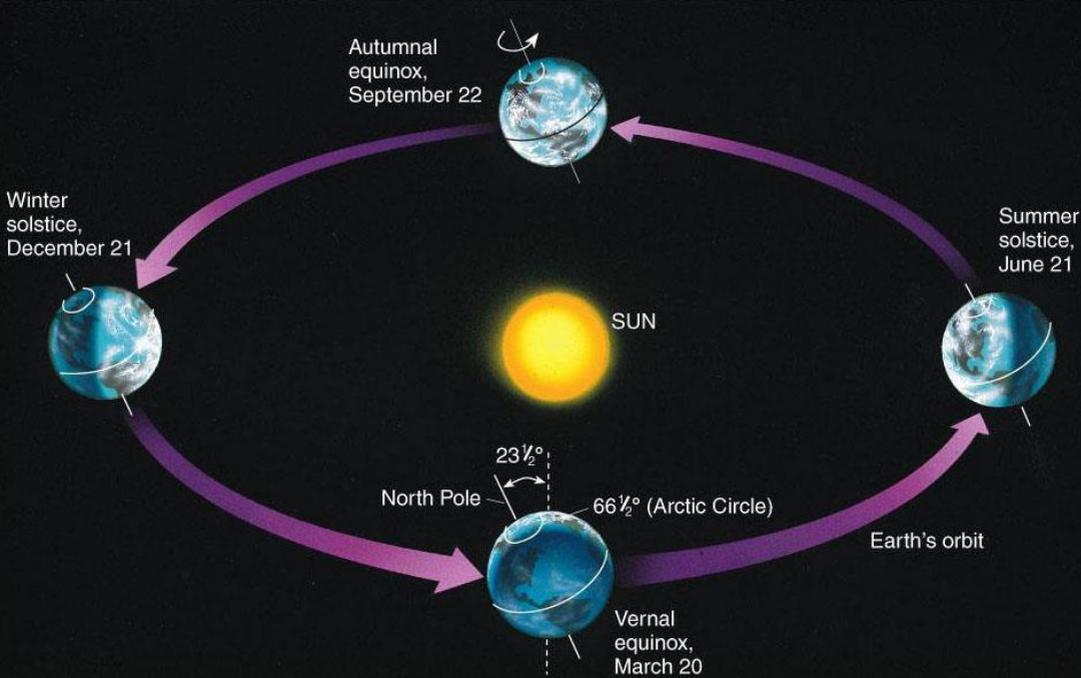
Menurut tafsir Ibnu Katsir, ayat ini menjelaskan tentang keingkaran para ahli Kitab terhadap hukum rajam. Kemudian datanglah cahaya kepada mereka, yaitu Al-Qur'an yang menjelaskan tentang jalan-jalan keselamatan dan kesejahteraan serta jalan-jalan yang lurus.

A satellite-style image of Earth showing the Indonesian archipelago. A vertical line runs through the center of the image, separating the brightly lit day side (left) from the dark night side (right). The text "CAHAYA SIANG DAN MALAM" is overlaid in the center, with "CAHAYA" on the top line and "SIANG DAN MALAM" on the bottom line. The text is in a bold, blue, sans-serif font with a white outline.

CAHAYA
SIANG DAN MALAM

Di antara fenomena alam yang sering kita rasakan dan saksikan adalah pergantian siang dan malam. Pergantian keduanya menyebabkan adanya gelap dan terang. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), gelap adalah suatu keadaan tidak ada cahaya. Sedangkan terang adalah suatu keadaan yang memungkinkan cahaya masuk sehingga terlihat cerah, nyata dan jelas.

Pergantian siang dan malam disebabkan oleh perputaran bumi pada porosnya dan perjalanan matahari pada orbitnya. Akibat perputaran (rotasi) bumi ini, sebagian dari wilayah bumi akan menghadap matahari sehingga terkena sinar yang dipancarkannya. Bagian ini pun menjadi terang dan inilah yang disebut siang. Sebaliknya, bagian yang membelakangi matahari serta tidak terkena sinarnya sehingga wilayah ini menjadi gelap, itulah yang disebut malam.



Sumber: spiritualquest.co.uk, 2014

ROTASI BUMI

Rotasi merupakan sebuah proses perputaran bumi pada porosnya. Rotasi juga dapat kita pahami sebagai “cara” Allah mengatur intensitas dan memberikan cahaya bagi makhluknya yang berada di bumi. Kala rotasi bumi sebesar 24 jam dan kala revolusi bumi sebesar 365, 25 hari. Fenomena yang dapat kita amati secara langsung dengan adanya rotasi bumi antara lain: pergantian siang

dan malam, gerak semu harian matahari, fajar dan senja, *sunrise* dan *sunset*.

1. Pergantian Siang dan Malam



Sumber: www.islamsosialmedia.com

Gambar 2. Foto pergantian siang dan malam dari satelit

Foto pada gambar 2 diambil oleh beberapa Satelit Wahana Luar Angkasa Amerika Serikat (NASA) tepat di atas Benua Afrika bagian Utara dan benua Eropa. Pada foto tersebut terlihat lampu- lampu yang menyala di

bagian bumi yang gelap (malam) dan sebagian lainnya bumi terlihat terang. Fenomena tersebut terjadi karena perputaran bumi pada porosnya yang menyebabkan sebagian bumi terkena cahaya matahari (siang) dan sebagian lagi tidak terkena cahaya matahari (malam).

Di beberapa daerah, terjadi perbedaan intensitas sinar matahari yang diterima sehingga akan terjadi perbedaan lamanya waktu siang pada daerah tersebut. Bila matahari di bagian utara, maka belahan bumi di wilayah itu akan terkena sinar yang lebih banyak, sehingga siang hari terasa lebih panjang dari malamnya. Pada puncak siang dapat terjadi selama 16 jam dan malamnya hanya 8 jam. Sedangkan di belahan bumi bagian selatan terjadi sebaliknya, yaitu malam lebih panjang dari siangnya.



Sumber: Arkwright, 2017

Gambar 3. Cahaya matahari di siang hari

Gambar 3 merupakan keadaan di atas lautan Indonesia bagian Tengah pada pukul 05.59 WITA. Terlihat matahari mulai menyinari seluruh wilayah tersebut. Di Indonesia, siang hari lebih lama dari pada malam hari dihitung dari mulai terbit sampai terbenamnya matahari. Namun selisih antara waktu siang dan malam tidak terlalu jauh. Puncak siang dapat terjadi selama 13 jam dan malamnya terjadi selama 11 jam.

Saat malam hari, sebagian permukaan bumi menjadi gelap sehingga tanpa adanya cahaya kita tidak bisa melihat sekeliling. Namun, saat cuaca cerah kita akan dapat melihat milyaran benda-benda langit bercahaya yang mana cahaya tersebut akan menerangi permukaan bumi sehingga kita akan dapat melihat sekeliling kita. Malam pun berganti siang, diawali dengan datangnya fajar. Cahaya matahari mulai meninggi hingga mencapai puncaknya pada tengah hari. Saat siang hari kita akan melihat sekeliling menjadi terang karena adanya cahaya matahari. Semakin sore, cahaya di bumi meredup dan menghilang ketika malam hari. Seperti itulah kekuasaan Allah swt yang langsung dapat kita rasakan dan kita lihat.

Proses pergantian siang dan malam dijelaskan melalui Firman Allah swt dalam QS. Ali-'Imran ayat 190, sebagai berikut:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ **وَأَخْتِلَافِ أَلْيَلِ وَالنَّهَارِ** لَآيَاتٍ
لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾

“*Sesungguhnya dalam penciptaan Langit dan Bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal*” (QS. Ali-‘Imran: 190)

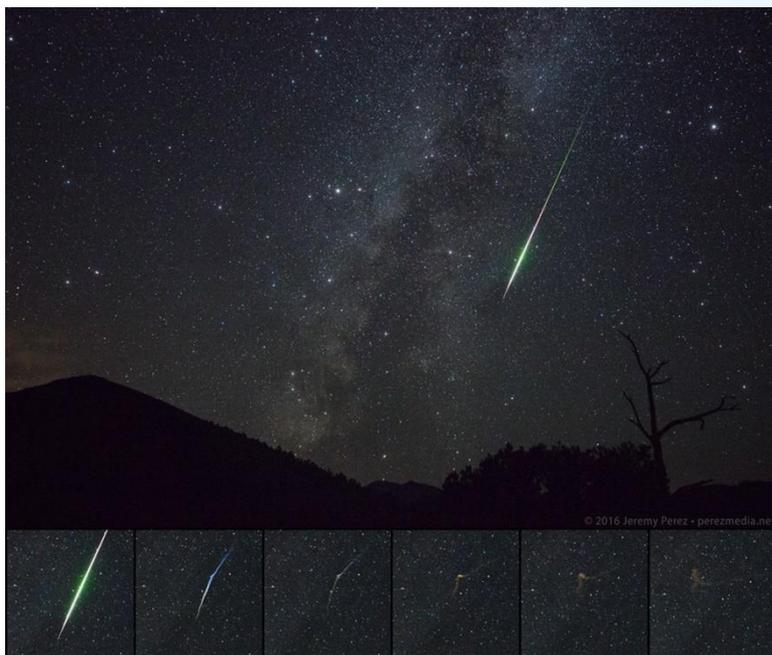
Menurut tafsir Ilmi Kementerian Agama RI, kata *ikhtilaf* merupakan bentuk *masdar* (kata benda) yang bersumber pada kata kerja *ikhtalafa* yang artinya menjadi khalifah (pengganti), menjadi di belakang, datang secara berulang kali atau terus menerus, dan berbeda pendapat. Dengan demikian *ikhtilaf* artinya adalah yang datang bergantian, perbedaan pendapat, dan ini berlaku secara terus-menerus. Pada ayat ini, kata *ikhtilaf* dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang pergantian siang dan malam yang terjadi secara terus menerus. Pergantian ini terjadi secara berurut, yang artinya masing-masing akan datang sesudah yang lainnya, tanpa saling mendahului.

Peristiwa pergantian siang dan malam merupakan tanda-tanda kebesaran Allah swt. Tanpa adanya pergantian siang dan malam, kehidupan di atas

permukaan bumi tidak akan pernah berlangsung. Hal tersebut tentu hanya Allah yang berkuasa mengaturnya. Selain itu, fenomena pergantian siang dan malam merupakan salah satu kekuasaan Allah swt yang telah menciptakan sesuatu dan menyempurnakan dengan aktivitas sesuai dengan prosesnya.

Ketika cuaca cerah pada malam hari, cahaya bintang akan terlihat menghiasi langit. Selain bintang, kita juga dapat melihat cahaya dari planet yang bisa dilihat dari permukaan bumi tanpa menggunakan alat bantu seperti Jupiter. Seluruh benda-benda langit akan menjadikan langit tampak indah dengan cahayanya, seperti tampak pada gambar 4. Gambar 4 merupakan pemandangan malam hari saat terjadi hujan meteor Perseids. Karena cuaca cerah, sehingga kita bisa mengamati secara langsung terjadinya hujan meteor Perseids tanpa menggunakan alat bantu semisal teleskop. Hujan meteor Perseids diambil dari nama rasi bintang yaitu rasi Perseus. Saat terjadi hujan meteor Perseids, meteor yang

akan tampak seolah-olah berpusat dari rasi Perseus. Hujan meteor Perseids terjadi karena dalam mengelilingi matahari, lintasan bumi bersinggungan dengan area jejak komet Swift Tuttle.



Sumber: kafeastronomi.com, 2017

Gambar 4. Hujan meteor Perseids

2. Gerak Semu Harian Matahari

Allah swt berfirman dalam QS. Ibrahim ayat 33:

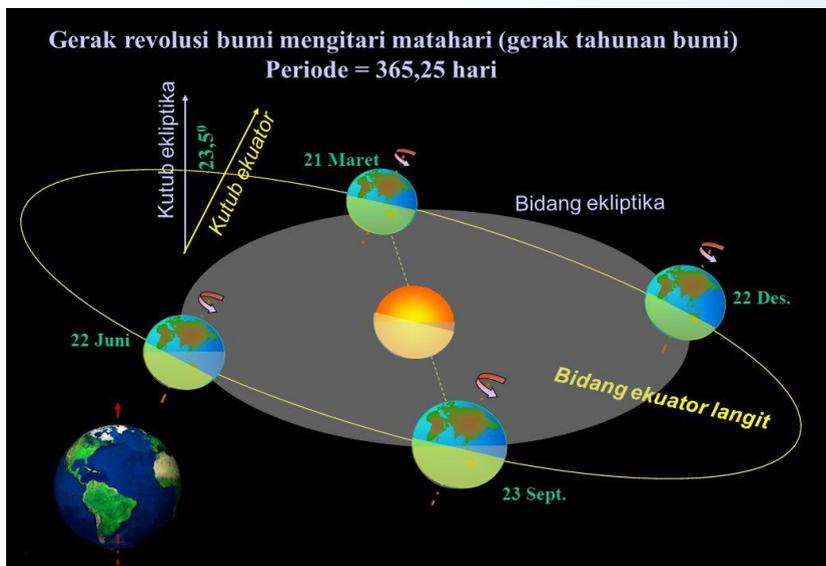
وَسَخَّرَ لَكُمُ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ دَائِبَيْنِ ۖ وَسَخَّرَ لَكُمُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ ﴿٣٣﴾

“dan Dia telah menundukkan (pula) bagimu matahari dan bulan yang terus menerus beredar (dalam orbitnya); dan telah menundukkan bagimu malam dan siang.” (QS. Ibrahim: 33)

Dalam tafsir Jalalain dijelaskan bahwa Allah swt menundukkan matahari dan bulan yang terus-menerus beredar di dalam garis edarnya secara terus-menerus dan tidak pernah berhenti. Dari ayat tersebut dapat kita simpulkan bahwa seluruh benda-benda langit beredar pada orbitnya masing-masing.

Orang-orang terdahulu pernah beranggapan bahwa terbit dan terbenamnya matahari disebabkan oleh peredaran matahari mengitari bumi. Ternyata pendapat tersebut selama ini salah. Matahari tidak mengitari bumi, tetapi sebaliknya yaitu bumi yang mengitari matahari. Hasil pengamatan terhadap bumi dari pesawat antariksa

menunjukkan dengan jelas bahwa bumi kita ini bulat dan selalu berputar. Namun, jika kita amati seolah-olah matahari terbit dari timur dan tenggelam di barat. Fenomena tersebut disebut gerak semu harian matahari.



Sumber: radiowestsangatta.com, 2016

Gambar 5. Gerak semu harian matahari

Gambar 5 menjelaskan tentang proses terjadinya gerak semu harian matahari. Kita bisa menyebutnya sebagai gerak tahunan bumi atau gerak revolusi bumi

mengitari matahari. Gerak semu harian matahari terjadi karena bumi bergerak dari arah barat menuju timur, sehingga menurut kita sebagai pengamat di Bumi beranggapan bahwa mataharilah yang muncul dari timur dan bergerak menuju ke barat.

**Mangapa disebut
“gerak semu?”**



Gerak semu terjadi karena jarak pengamat sangat jauh dari matahari dan lebih dekat dengan bumi, sehingga seolah-olah bumi diam dan matahari bergerak mengelilingi bumi.

3. Fajar

Fajar adalah cahaya kemerah-merahan di langit sebelah timur menjelang matahari terbit. Allah berfirman dalam QS. Al-Fajr ayat 1, sebagai berikut:

وَالْفَجْرِ

“*demi fajar*” (QS. Al-Fajr: 1)

Menurut tafsir Quraish Shihab, surat ini dimulai dengan sejumlah sumpah demi beberapa gejala alam yang bertujuan untuk mengarahkan perhatian kepada sejumlah bukti kekuasaan Allah yang menunjukkan bahwa orang-orang yang ingkar kepada Allah dan hari kebangkitan akan mendapatkan siksa seperti orang-orang sebelum mereka yang juga mendustakannya.

Ayat di atas mengisyaratkan bahwa waktu pagi adalah waktu yang semestinya dipergunakan manusia untuk berpikir, melakukan persiapan, membuat rencana sebelum melakukan suatu pekerjaan. Ada dua macam

fajar, yaitu fajar kadzib/*zodiacal light* dan fajar shadiq/*twilight*.

a. Fajar Kadzib / *Zodiacal Light*

Fajar kadzib/kizib adalah cahaya kemerah-merahan yang tampak beberapa saat, kemudian menghilang sehingga disebut fajar bohong/bukanlah fajar yang sebenarnya. Seperti tampak pada gambar 6, fajar kadzib terjadi karena partikel debu dalam tata surya memantulkan cahaya matahari dan sampai ke pengamat.

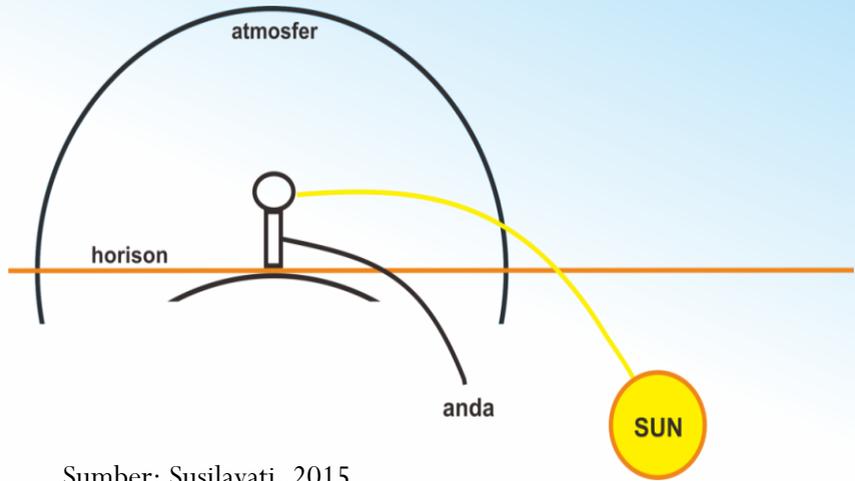
Menurut pendapat lain, fajar kadzib merupakan fenomena terbentang dan terlihatnya cahaya akibat sinar merahnya matahari pada kegelapan malam di langit yang berlangsung hanya beberapa kejam mata, lalu langit tampak kembali gelap, yang terjadi beberapa saat sebelum fajar shadiq.



Sumber: ashadisasonko.staff.ipb.ac.id, 2012

Gambar 6. Fajar kاذzib/zodiacal light

Istilah lain dari fajar kاذzib yaitu *dhanab al-sirkhan* (ekor serigala), cahayanya bersifat menjulang ke atas (vertikal). Cahaya matahari yang memasuki atmosfer akan dihamburkan oleh partikel udara di atmosfer. Ilustrasi terjadinya fajar kاذzib dijelaskan pada gambar 7, sebagai berikut:



Sumber: Susilayati, 2015

Gambar 7. Ilustrasi terjadinya fajar kadzib

Pada gambar 7, konsentrasi udara dari permukaan bumi hingga ujung atmosfer semakin mengecil. Karena perbedaan konsentrasi ini maka terjadi perbedaan indeks bias yang mengakibatkan cahaya matahari yang masuk cenderung dibelokkan.

b. Fajar Shadiq / *Twilight*

Fajar shadiq dikenal dengan istilah *twilight*, yaitu fajar yang sebenarnya. Fajar shadiq adalah sebuah keadaan

dalam hari ketika cahaya kemerah-merahan tampak di langit sebelah timur memanjang dari utara ke selatan memancar secara horizontal pada garis cakrawala, garis yang seolah memisahkan bumi dan langit pada dua warna kontras atau perpaduan dua warna seperti terlihat pada gambar 8. Terlihat kemunculan cahaya putih agak terang, sebagai penanda terbitnya fajar shadiq.



Sumber: ashadisasongko.staff.ipb.ac.id, 2012

Gambar 8. Fajar Shadiq/*twilight*

Fajar shadiq merupakan pembatas antara akhir malam dengan permulaan pagi. Terbit fajar shadiq merupakan tanda awal waktu untuk melaksanakan shalat subuh. Selain itu juga sebagai tanda awal waktu pelaksanaan puasa, baik puasa wajib maupun puasa sunnah.

c. Membedakan fajar

Pada saat fajar kadzib, cahayanya memanjang dari timur ke barat, sedangkan fajar shadiq cahayanya memanjang dari utara ke selatan. Saat ini, fajar kadzib dan fajar shadiq dapat lebih mudah diketahui dengan mengukur kecerahan langit menggunakan alat yang bernama *Sky Quality Meter (SQM)*. SQM seperti tampak pada gambar 9 merupakan alat yang relatif murah, ringan, dan berukuran saku. Menurutnya, matahari dapat menembus seluruh ruang udara, yang terletak di ruang seputar bola bumi (atmosfer). Yang tidak dicapai (oleh sinar matahari) hanyalah ruang berbentuk kerucut yang

terhampar di belakang bumi, tetapi masih terletak di sekitar bumi.



Sumber: astrosurf.com, 2014

Gambar 9. Sky Quality Meter

Cahaya matahari melintas menembus debu-debu yang terlepas dari bumi tetapi masih terletak di sekitar bumi (atmosfer). Debu ini akan terlihat jelas bila dilihat dari kegelapan. Ketika matahari terbit di ufuk (dari bawah) dan kecondongan bayangan semakin mendekat ke arah kita, maka semakin dekat pula pancaran sinarnya yang mengelilingi bumi. Dan dengan bantuan debu-debu

pada angin-angin bumi (atmosfer) yang terletak di dekat bayangan menjadi bercahaya dan semakin terang. Kita temukan warna debu-debu ini secara keseluruhan dan bagian bawah yang menghadap kital akan terlihat bersinar.

d. Menentukan Waktu Subuh

Dalam penentuan waktu shalat, data posisi matahari dalam koordinat horizon terutama ketinggian atau jarak zenit sangat dibutuhkan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa penetapan awal waktu subuh sendiri tidak terlepas dari pengamatan terhadap fenomena fajar. Allah swt berfirman dalam QS. Al-Baqarah ayat 187 sebagai berikut:

أَحِلَّ لَكُمْ لَيْلَةَ الصِّيَامِ الرَّفَثُ إِلَىٰ نِسَائِكُمْ ۚ هُنَّ لِبَاسٌ لَّكُمْ وَأَنْتُمْ لِبَاسٌ لَهُنَّ ۗ عَلِمَ اللَّهُ أَنَّكُمْ كُنْتُمْ تَخْتَانُونَ أَنْفُسَكُمْ فَتَابَ عَلَيْكُمْ وَعَفَا عَنْكُمْ ۖ فَالْآنَ بَشِّرُوهُنَّ ۚ وَأَبْتَغُوا مَا كَتَبَ اللَّهُ لَكُمْ ۚ

وَكُلُوا وَاشْرَبُوا حَتَّىٰ يَتَبَيَّنَ لَكُمُ الْخَيْطُ الْأَبْيَضُ مِنَ الْخَيْطِ الْأَسْوَدِ مِنَ
 الْفَجْرِ ۖ ثُمَّ أَتُمُوا الصَّيَامَ إِلَى الْوَيْلِ ۚ وَلَا تَبْشِرُوهُنَّ ۚ وَأَنْتُمْ عَنْكَفُونَ
 فِي الْمَسْجِدِ ۗ تِلْكَ حُدُودُ اللَّهِ ۚ فَلَا تَقْرَبُوهَا ۗ كَذَلِكَ يُبَيِّنُ اللَّهُ
 ءَايَاتِهِ لِلنَّاسِ لَعَلَّهُمْ يَتَّقُونَ ﴿١٨٧﴾

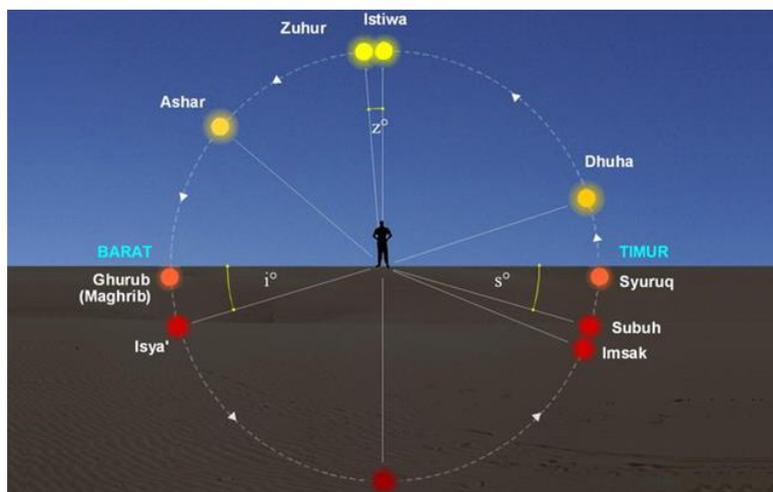
“Dihalalkan bagi kamu pada malam hari bulan puasa bercampur dengan isteri-isteri kamu; mereka adalah pakaian bagimu, dan kamupun adalah pakaian bagi mereka. Allah mengetahui bahwasanya kamu tidak dapat menahan nafsumu, karena itu Allah mengampuni kamu dan memberi ma'af kepadamu. Maka sekarang campurilah mereka dan ikutilah apa yang telah ditetapkan Allah untukmu, dan makan minumlah hingga terang bagimu benang putih dari benang hitam, yaitu fajar. Kemudian sempurnakanlah puasa itu sampai (datang) malam, (tetapi) janganlah kamu campuri mereka itu, sedang kamu beri'tikaf dalam masjid. Itulah larangan Allah, maka janganlah kamu mendekatinya. Demikianlah Allah menerangkan ayat-ayat-Nya kepada manusia, supaya mereka bertakwa” (QS. Al-Baqarah: 187).

Menurut tafsir Jalalayn, yang dimaksud benang putih adalah fajar shadiq dan benang hitam berupa malam hari. Fajar itu tak ubahnya seperti warna putih bercampur

warna hitam yang memanjang dengan dua buah garis berwarna putih dan hitam. Kemudian terdapat anjuran untuk menyempurnakan puasa dari waktu fajar sampai masuk malam ditandai dengan terbenamnya matahari. Dari tafsir tersebut sudah jelas bahwa fajar merupakan permulaan tampaknya cahaya yang membentang dari ufuk timur seperti benang yang dibentangkan. Namun dalam pengaplikasiannya, umat Islam akan merasa kesulitan apabila setiap hari harus melihat kondisi fajar shadiq ketika akan melaksanakan ibadah shalat, sehingga digunakan konsep ketinggian matahari sebagai dasar perhitungan waktu shalat yang pada akhirnya terbentuklah jadwal-jadwal waktu shalat.

Dalam perspektif fikih, penentuan awal waktu shalat subuh tidak ada yang perlu diperdebatkan. Para ulama pun bersepakat bahwa berdasarkan Al-Qur'an dan hadits, fajar shadiq merupakan patokan pasti masuknya waktu shalat subuh. Namun yang menjadi masalah dalam penentuan awal waktu subuh adalah pada perspektif

astronominya. Jika melihat jadwal waktu shalat subuh di dunia Internasional, masih terdapat banyak perbedaan dan Indonesia termasuk yang paling pagi jika dibandingkan dengan negara-negara lain. Sementara kajian dan penelitian tentang terbitnya fajar shadiq di lapangan telah banyak dilakukan oleh para ahli. Hasilnya bahwa hampir semuanya menegaskan tinggi matahari ketika terbit fajar shadiq selalu di bawah -20° , bahkan ada yang hanya $-14,5^{\circ}$.



Sumber: ashadisasonko.staff.ipb.ac.id, 2012

Gambar 10. Hubungan posisi matahari dan waktu shalat fardhu

Gambar 10 merupakan hubungan antara posisi matahari dengan waktu pelaksanaan sholat fardhu. Dalam pengamatan terhadap terbitnya fajar shadiq selain harus memperhatikan kriteria ketinggian matahari, juga harus mempertimbangkan aspek lainnya, yaitu kondisi/posisi pengamatan. Apakah tempat pengamatan berada di dataran rendah (lautan) atau dataran tinggi (pegunungan). Terkait dengan dua kategori tempat tersebut, yang menjadi pertimbangan dalam pengamatan fajar shadiq adalah kerendahan ufuk.

4. Senja

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), senja adalah waktu (hari) setelah gelap sesudah matahari terbenam. Ketika piringan matahari secara keseluruhan telah hilang dari cakrawala, senja dimulai setelah matahari tenggelam saat cahaya masih terlihat di langit hingga cahaya merah (*syafaq*) benar-benar hilang (saat

datangnya malam). Allah berfirman dalam QS. Al-Insyiqaq ayat 16:

فَلَا أُقْسِمُ بِالشَّفَقِ ﴿١٦﴾

“Maka Sesungguhnya aku bersumpah dengan cahaya merah di waktu senja” (QS. Al-Insyiqaq: 16)

Menurut tafsir Jalalayn, ayat ini menjelaskan tentang sumpah Allah dengan cahaya merah di waktu senja yakni dengan nama megamerah yang berada di ufuk barat sesudah matahari terbenam. Sama halnya dengan waktu subuh yang ditandai dengan kemunculan fajar shadiq, waktu petang (senja) juga mempunyai keistimewaan bagi umat manusia.



Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 11. Senja tampak dari daratan

Gambar 11 merupakan fenomena senja yang tampak dari daratan. Manusia di anjurkan untuk memperbanyak bertasbih di waktu pagi dan petang. Seperti firman Allah swt dalam QS. Al-Gafir ayat 55:

فَأَصْبِرْ إِنَّ وَعْدَ اللَّهِ حَقٌّ وَأَسْتَغْفِرْ لِذَنْبِكَ وَسَبِّحْ بِحَمْدِ رَبِّكَ
بِالْعَشِيِّ وَالْإِبْكَارِ ﴿٥٥﴾

“Maka bersabarlah kamu, karena sesungguhnya janji Allah itu benar, dan mohonlah ampunan untuk dosamu dan bertasbihlah seraya memuji Tuhanmu pada waktu petang dan pagi” (QS. Al-Gafir: 55)



Sumber: Boli, 2017

Gambar 12. Senja tampak dari lautan

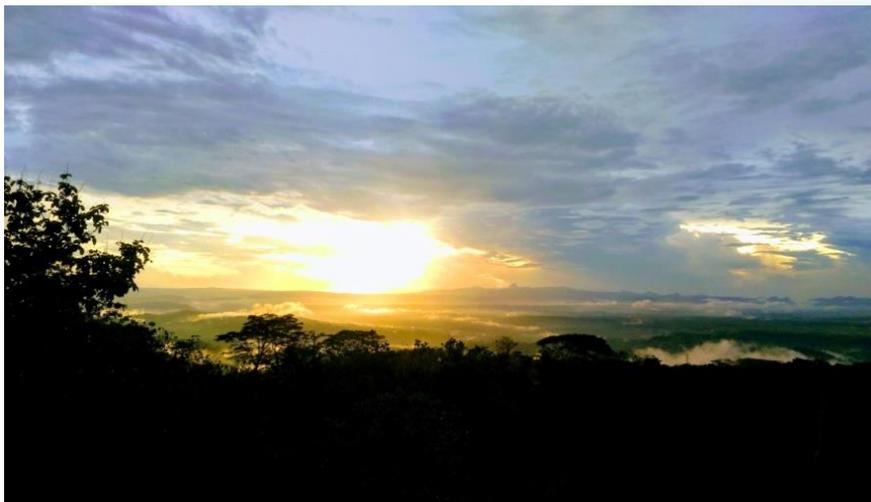
Gambar 12 merupakan fenomena senja yang tampak dari lautan. Senja menawarkan pemandangan alam yang begitu indah. Cahaya kemerahan yang dipancarkan dengan spektrum yang sangat natural, sehingga tidak diperlukan cahaya buatan untuk membuat senja menjadi indah. Spektrum cahaya yang dihasilkan merupakan rentang frekuensi yang paling aman dan nyaman untuk dilihat dengan mata telanjang.

5. *Sunrise dan Sunset*

a. *Sunrise*

Sunrise (matahari terbit) adalah peristiwa di mana sisi teratas matahari muncul di atas horison timur. Tampak cahaya kekuningan muncul ketika terjadi *sunrise*. *Sunrise* tidak sama dengan fajar, karena *sunrise* merupakan pertanda berakhirnya waktu shalat subuh sedangkan fajar merupakan pertanda masuknya waktu shalat subuh. Baik *sunrise* maupun *sunset* tidak jauh berbeda jika kita melihat

dari hasil jepretan kamera (foto), karena keduanya sama-sama memancarkan cahaya berwarna kuning. Namun ketika kita menikmati keduanya secara langsung, kita akan merasakan adanya perbedaan antara *sunrise* dan *sunset*.



Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 13. *Sunrise*

Gambar 13 merupakan gambar *sunrise* yang berhasil diabadikan di daerah Timor Tengah Selatan, Nusa Tenggara Timur.

b. Sunset

Sunset (matahari terbenam) adalah peristiwa di mana matahari menghilang di bawah cakrawala sebelah barat. Seperti terlihat pada gambar 14, peristiwa *sunset* yang berhasil diabadikan di pesisir pantai Goa Cemara, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.



Sumber: Erniwati, 2015

Gambar 14. *Sunset*

Matahari terbit dan tenggelam merupakan fenomena yang terjadi setiap hari namun sangat indah mempesona untuk diamati. Selain menjelaskan fenomena pergantian siang dan malam, dalam peristiwa ini juga memiliki nilai lebih dalam dunia fotografi.

c. Mengapa Gelap?

Bumi dapat saja selalu dalam keadaan malam tanpa siang. Bumi akan selalu ada dalam keadaan malam/gelap jika posisi bumi cukup jauh dari matahari. Misalnya, bumi menempati posisi saturnus yang jaraknya terhadap matahari sekitar sepuluh kali jarak bumi-matahari. Apalagi menempati posisi neptunus, planet terluar dalam tata surya yang jaraknya sekitar tiga puluh kali jarak bumi-matahari.



Sumber: Erniwati, 2016

Gambar 15. Suasana malam hari tampak gelap

Jika posisi bumi dan matahari cukup jauh, intensitas sinar matahari pada permukaan yang menghadap matahari tidak cukup besar untuk menjadikannya terang benderang. Karena itu, pada permukaan yang membelakangi dan menghadap matahari tidak mempunyai perbedaan intensitas sinar yang berarti.

Gambar 15 merupakan keadaan malam hari di mana bumi tampak gelap tanpa sinar matahari. Jika bumi

menempati posisi saturnus, intensitas sinar permukaan yang menghadap matahari hanya seperseratus kali intensitas siang pada posisi bumi saat ini, dan satu per sembilan ratus kali jika menempati posisi neptunus. Kita tahu bahwa intensitas berbanding terbalik dengan kuadrat jarak. Akibatnya, kedua permukaan yang membelakangi maupun yang menghadap akan selalu gelap, yang artinya akan senantiasa malam.

Di dalam Al-Qur'an, banyak sekali ayat yang menjelaskan tentang kegelapan, diantaranya:

Firman Allah dalam QS. Al-An'am ayat 1

الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ وَجَعَلَ الظُّلُمَاتِ وَالنُّورَ
ثُمَّ الَّذِينَ كَفَرُوا بِرَبِّهِمْ يَعْدِلُونَ ﴿١﴾

“Segala puji bagi Allah yang telah menciptakan langit dan bumi dan mengadakan gelap dan terang, namun orang-orang yang kafir mempersekutukan (sesuatu) dengan Tuhan mereka” (QS. Al-An'am: 1)

Firman Allah dalam QS. An-Naziat ayat 29

وَأَعْطَشَ لَيْلَهَا وَأَخْرَجَ ضُحَاهَا ﴿٢٩﴾

“*dan Dia menjadikan malam-Nya gelap gulita, dan menjadikan siang-Nya terang benderang*” (QS. An-Naziat: 29)

Ayat-ayat di atas mengisyaratkan bahwa langit sangat gelap. Sebagian mufasir terdahulu, seperti Ibnu Katsir dan Ath-Thabari meyakini bahwa yang dimaksud dengan *zulumat* (gelap) dan *nuur* (terang) dalam ayat di atas adalah malam dan siang. Adapun para pakar astronomi dan kemukjizatan Al-Qur’an mengatakan bahwa gelap dalam ayat-ayat di atas adalah kegelapan alam semesta yang baru belakangan ini ditemukan. Pendapat terakhir ini menegaskan adanya kemukjizatan Al-Qur’an di bidang astronomi dan adanya kegelapan-kegelapan lainnya. Kegelapan-kegelapan itu diantaranya:

1. Keggelapan awal semesta, yaitu pada masa setelah terjadinya ledakan besar hingga awal proses peleburan inti atom, kira-kira selama 30 juta tahun. Masa ini bercirikan kegelapan yang sangat kelam.
2. Keggelapan lokal di bagian tertentu semesta, yaitu pada masa setelah dimulainya proses peleburan inti atom hingga masa kita sekarang. Pada masa inilah bintang-bintang diciptakan dan mulai memancarkan sinarnya ke luar angkasa. Sinarnya terdiri dari sinar inframerah, gelombang elektromagnetik, spektrum-spektrum cahaya yang terlihat, sinar ultraviolet, sinar X dan sinar gamma.



**CAHAYA
LANGIT DAN BUMI**



Sumber: kafeastronomi.com, 2015

BINTANG – BINTANG

Kata *buruj* bintang-bintang (gugusan), menunjukkan bahwa Allah menjadikan banyak sekali bintang di langit, “*Al-Buruj*” yang dimaksud dalam ayat ini dapat dimaknai gugusan bintang (rasi) yang dilalui matahari ketika berputar mengelilingi bumi. Gugusan bintang tersebut seakan-akan menjadi tempat berputarnya matahari sepanjang tahun. Rasi-rasi bintang tersebut antara lain: *Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Scorpio, Sagitarius, Capricornus, Aquarius, dan Pisces*. Gugusan

tersebut merupakan garis edar dari tujuh planet dalam tata surya, yaitu: planet Mars memiliki *Aries* dan *Scorpio*, *Gemini* dan *Virgo*, Bumi memiliki *Cancer*, Matahari memiliki *Leo*, Jupiter memiliki *Sagittarius* dan *Pisces*, Uranus memiliki *Capricornus* dan *Aquarius*.



Sumber: planetarium.jakarta.go.id, 2017

Gambar 16. Rasi Bintang

Terlihat pada gambar 16, gugusan bintang membentuk bermacam rasi bintang. Bintang adalah benda langit yang memancarkan cahaya sendiri. Bintang

semu adalah bintang yang terlihat bercahaya tetapi memantulkan cahaya dari bintang lain. Bintang semu tetap terlihat bercahaya jika dilihat dari bumi. Benda-benda langit yang dapat memancarkan cahaya sendiri disebut sumber cahaya, sedangkan benda-benda yang tidak dapat memancarkan cahaya sendiri disebut benda gelap.

Benda gelap dikelompokkan menjadi tiga macam, yaitu:

- 1) Tidak tembus cahaya, yaitu benda-benda yang tidak dapat meneruskan sinar yang diterimanya tetapi memantulkan sinar yang diterimanya,
- 2) Benda tembus cahaya, yaitu benda yang dapat meneruskan hampir semua cahaya yang diterimanya,
- 3) Benda bening, yaitu benda yang dapat meneruskan sebagian kecil cahaya yang diterimanya.

Benda tembus cahaya dan benda bening akan meneruskan cahaya yang diterimanya dengan membiaskan/membelokkan cahaya tersebut sesuai dengan kerapatan

masing-masing. Bintang semu termasuk benda gelap jenis pertama, yaitu benda tidak tembus cahaya. Bintang semu tersebut sebenarnya adalah planet-planet, bulan-bulan dan benda langit lainnya yang lebih kecil ukurannya.

Bila kita berada di daerah seperti pedesaan yang terpencil atau pinggir pantai yang jauh dari keramaian sampai di puncak gunung, kita dapat melihat lebih dari 9.000 bintang walaupun tanpa teleskop. Bintang-bintang yang sangat banyak tersebut membentuk gugusan bintang yang dapat kita lihat keindahannya ketika malam hari, seperti pada gambar 17. Selain sebagai hiasan, bintang-bintang tersebut juga dapat digunakan untuk menentukan waktu dan arah ketika malam hari.

Beberapa bintang membentuk rasi bintang seperti terlihat pada gambar 18. Pada gambar tersebut, tampak bintang-bintang membentuk rasi bintang Scorpion. Dengan menggunakan teropong Hubble, diperkirakan jumlah bintang yang ada di alam semesta sekitar 1 septiliun $\approx 1.000.000.000.000.000.000.000$.



Sumber: kafeastronomi.com, 2017

Gambar 17. Gugusan bintang

Isyarat ilmiah mengenai bintang-bintang juga dijelaskan pada QS. Al-Buruuj ayat 1 berikut:

وَالسَّمَاءِ ذَاتِ الْبُرُوجِ ﴿١﴾

“Demi langit yang mempunyai gugusan bintang” (QS. Al-Buruuj: 1)

Menurut tafsir Quraish Shihab, yang dimaksud *al-buruuj* adalah gugusan bintang yang tampak di langit dalam bentuk beragam dan terbagi atas dua belas macam, masing-masing disebut rasi. Bumi dan benda-benda langit lain akan melewati gugusan bintang itu setiap kali berputar mengelilingi matahari.



Sumber: kafeastronomi.com, 2017

Gambar 18. Rasi bintang *Scorpion*

1. Orbit Bintang-Bintang

Ketika merujuk pada matahari dan bulan dalam Al-Qur'an, ditekankan bahwa masing-masing bergerak dalam orbitnya sendiri seperti yang disebutkan dalam QS. Al-Anbiyaa' ayat 33.

وَهُوَ الَّذِي خَلَقَ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ كُلٌّ فِي فَلَكٍ

يَسْبَحُونَ

“dan Dialah yang telah menciptakan malam dan siang, Matahari dan Bulan. masing-masing dari keduanya itu beredar di dalam garis edarnya” (QS. Al-Anbiya': 33)

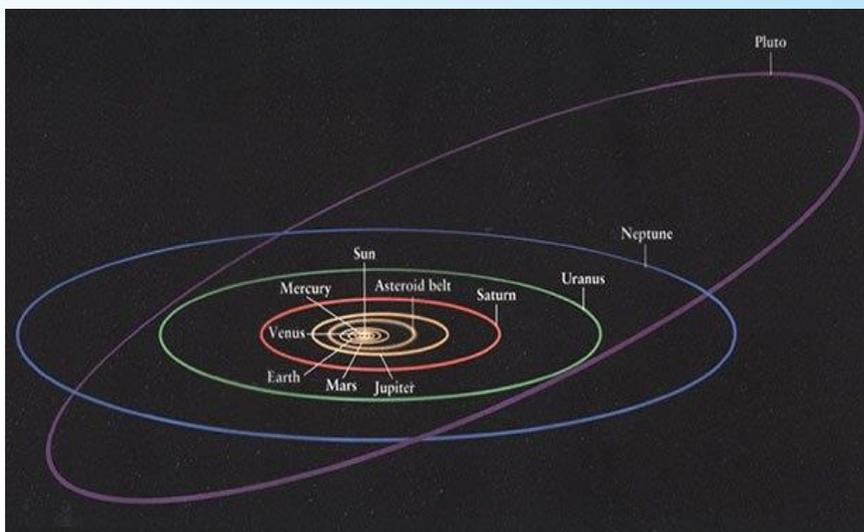
Menurut tafsir Jalalayn, kata *kullun* tanwinnya merupakan pergantian dari pada *mudhaf ilaih*, maksudnya masing-masing dari pada matahari, bulan dan bintang-bintang lainnya pada garis edarnya yang bulat di angkasa bagaikan bundaran batu penggilingan gandum. Maksudnya, semua berjalan dengan cepat sebagaimana berenang di atas air. Ditemukan dalam ayat lain, yaitu

QS. Yasin ayat 38 bahwa matahari tidak statis tetapi bergerak dalam orbit tertentu.

وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا ۚ ذَٰلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ﴿٣٨﴾

“dan matahari berjalan ditempat peredarannya. Demikianlah ketetapan yang Maha Perkasa lagi Maha mengetahui” (QS. Yasin: 38)

Dalam tafsir Ibnu Katsir dijelaskan bahwa matahari tidak pernah menetap dan tidak pernah diam, bahkan selalu berjalan siang dan malam tanpa henti. Seperti terlihat pada gambar 20 bahwa selain planet dan benda-benda langit, matahari juga memiliki lintasan untuk mengorbit. Fakta-fakta yang telah disampaikan Al-Qur'an ini ditemukan dengan pengamatan perbintangan masa kini. Menurut perhitungan ahli astronomi, matahari bergerak dengan kecepatan sangat tinggi yaitu 720.000 kilometer/jam ke arah bintang Vega dalam orbit tertentu yang disebut *Solar Apex*. Hal ini berarti bahwa matahari bergerak kira-kira 17.280.000 kilometer/hari.



Sumber: langitselatan.com, 2013

Gambar 19. Orbit planet

Bersama matahari, semua planet dan satelit di dalam sistem gravitasi matahari juga menempuh jarak yang sama. Lebih jauh, semua bintang di alam semesta berada dalam gerakan terencana yang sama. Ada sekitar 200 miliar galaksi di alam semesta yang terdiri dari hampir 200 miliar bintang pada setiap galaksi. Sebagian besar bintang mempunyai planet dan sebagian besar planet

mempunyai satelit. Semua benda luar angkasa ini bergerak dalam orbit yang diperhitungkan dengan tepat.

Seluruh alam semesta dipenuhi jalur dan orbit, seperti Firman Allah dalam QS. Adz-Dzaariyaat ayat 7 sebagai berikut:

وَالسَّمَاءِ ذَاتِ الْحُبُوبِ

“*demi langit yang mempunyai jalan-jalan*” (QS. Adz-Dzaariyaat: 7)

Dalam tafsir Jalalayn, kata *al hubuk* adalah bentuk jamak dari *habiiqah*, sama halnya dengan kata *thaariqah* yang bentuk jamaknya *thuruq* yaitu sejak ia diciptakan mempunyai jalan-jalan sebagaimana jalan di padang pasir.

Selama berjuta-juta tahun, setiap benda langit ini beredar pada orbitnya sendiri dalam keselarasan dan keteraturan sempurna dengan lainnya. Selain itu, komet juga bergerak bersama di orbit-orbit yang ditentukan bagi mereka. Orbit di alam semesta tidak hanya dimiliki oleh benda angkasa. Galaksi juga berjalan dengan

kecepatan luar biasa pada orbit yang terencana dan diperhitungkan. Selama pergerakan ini, tidak satu pun benda angkasa memotong jalur sesamanya, atau saling bertabrakan. Allah berfirman dalam QS. Al-Waqi'ah: 75-76.

﴿ فَلَا أَقْسَمُ بِمَوَاقِعِ النُّجُومِ ﴾ وَإِنَّهُ لَقَسَمٌ لَّو تَعْلَمُونَ عَظِيمٌ



“(75) Lalu Aku bersumpah dengan tempat beredarnya bintang-bintang, (76) Dan sesungguhnya itu benar-benar sumpah yang besar sekiranya kamu mengetahui” (QS. Al-Waqi'ah: 75-76)

Menurut tafsir Quraish Shihab, sumpah di dalam ayat ini memiliki kandungan yang sangat penting dan mempunyai pengaruh yang amat dalam. Dua ayat ini menjelaskan betapa pentingnya sumpah yang diucapkan itu. Pasalnya, Allah tidak perlu sama sekali bersumpah untuk meyakinkan hamba-hambanya. Manusia tentu heran dengan sumpah atas nama orbit bintang ini,

padahal bintang merupakan salah satu ciptaan Allah yang terbesar di alam semesta.

Bintang sendiri adalah gumpalan gas yang bersifat membakar, menyala, dan menyinari dari dalam dirinya sendiri. Cahayanya terus menyala selama jutaan tahun tanpa padam, sebagai akibat interaksi atom-atom di dalam dirinya atau yang dikenal dengan istilah “proses peleburan inti atom”. Selama proses itu berlangsung, atom-atom ringan seperti gas hidrogen menyatu membentuk unsur-unsur atom yang lebih berat secara gradual.

Mengapa Allah bersumpah atas nama orbit bintang-bintang, bukan atas nama bintang-bintang itu sendiri? Menurut Dr Nadiah Thayyarah dalam bukunya Sains dalam Al-Qur’an, jawaban yang bisa ditemukan para Ilmuwan sejak beberapa tahun belakangan adalah bahwa manusia dari permukaan bumi tidak mungkin bisa melihat bintang-bintang secara langsung, tetapi mereka hanya bisa melihat orbit atau garis edar yang telah dilalui

bintang-bintang itu. Ini merupakan salah satu rahmat Allah kepada kita. Pasalnya kalau manusia melihat bintang secara langsung, ia akan kehilangan penglihatannya. Inilah salah satu kilasan Al-Qur'an yang menakjubkan dan tanda kekuasaan Allah.

Dengan demikian, bintang-bintang yang kita lihat pada malam gelap gulita hanyalah pancaran cahaya dari orbit yang telah dilalui oleh bintang-bintang. Bintang-bintang itu membiarkan cahayanya bergerak menuju kita dari orbit yang telah dilaluinya itu. Tidak hanya itu saja, orbit bintang menunjukkan ruang dan waktu. Besarnya suatu orbit menunjukkan adanya peningkatan waktu atau kematangan usia suatu bintang. Faktanya, ilmu pengetahuan modern menetapkan bahwa orbit bintang-bintang, baik yang dekat maupun yang jauh dari kita selaras dengan usianya.

Tampak pada gambar 20, kumpulan bintang membentuk galaksi bimasakti. Galaksi adalah kumpulan bintang yang terdapat dalam alam semesta. Galaksi

dikekalkan bersama oleh satu tarikan graviti dan komponen galaksi mengorbit satu pusat. Bumi hanyalah sebuah benda kecil di alam semesta yang disebut planet bergerak mengelilingi matahari, sedangkan matahari hanya sebuah bintang dalam gugusan berjuta-juta bintang yang disebut galaksi, yaitu galaksi Bimasakti (*Milky Way*). Galaksi Bimasakti pun ternyata hanya sebuah galaksi dari jutaan galaksi yang berada di alam semesta.



Sumber: dw.com, 2017

Gambar 20. Galaksi Bimasakti

2. Lubang Hitam: Kuburan Bintang-Bintang

Allah berfirman dalam QS. At-Takwir: 15-16:

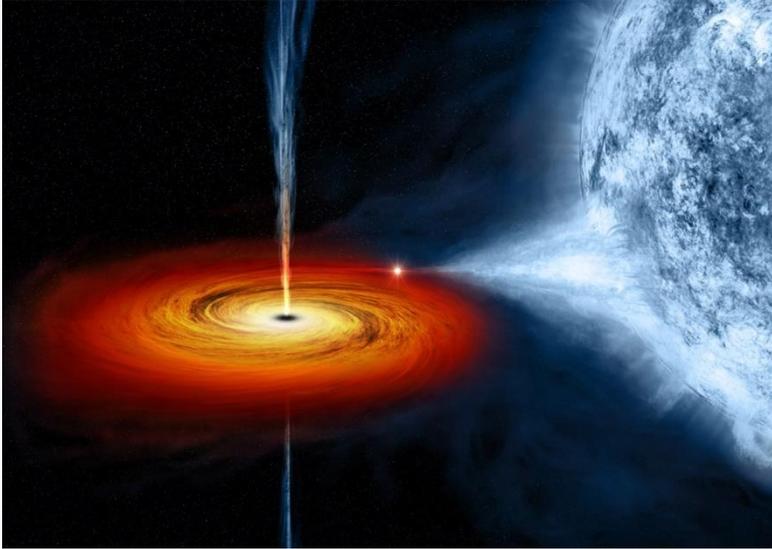
فَلَا أُقْسِمُ بِالْخُنَّسِ ﴿١٥﴾ الْجَوَارِ الْكُنَّسِ ﴿١٦﴾

“(15) sungguh, aku bersumpah dengan bintang-bintang, (16) yang beredar dan terbenam” (QS. At-Takwir: 15-16)

Kata *khanasa* dalam bahasa Arab berarti bersembunyi, tersembunyi, dan tak terlihat; *yakhnisu* berarti mengerut dan bersembunyi; *al-kunnas* berarti ketertutupan dan ketersembunyian. Menurut tafsir Quraish Shihab terkait ayat ini, Allah bersumpah dengan setegasnya demi bintang yang mulai menampakkan diri saat terbit dengan cahayanya yang redup. Allah bersumpah atas nama suatu substansi yang belum dikenal oleh para Ilmuwan, kecuali setelah beberapa tahun belakangan ini. Substansi itu adalah lubang hitam (*black hole*), yaitu suatu kondisi dari bintang-bintang raksasa yang mengalami keruntuhan gravitasi. Bintang-bintang raksasa itu umumnya berada di

jantung galaksi dan dianggap sebagai pusat gravitasi galaksi.

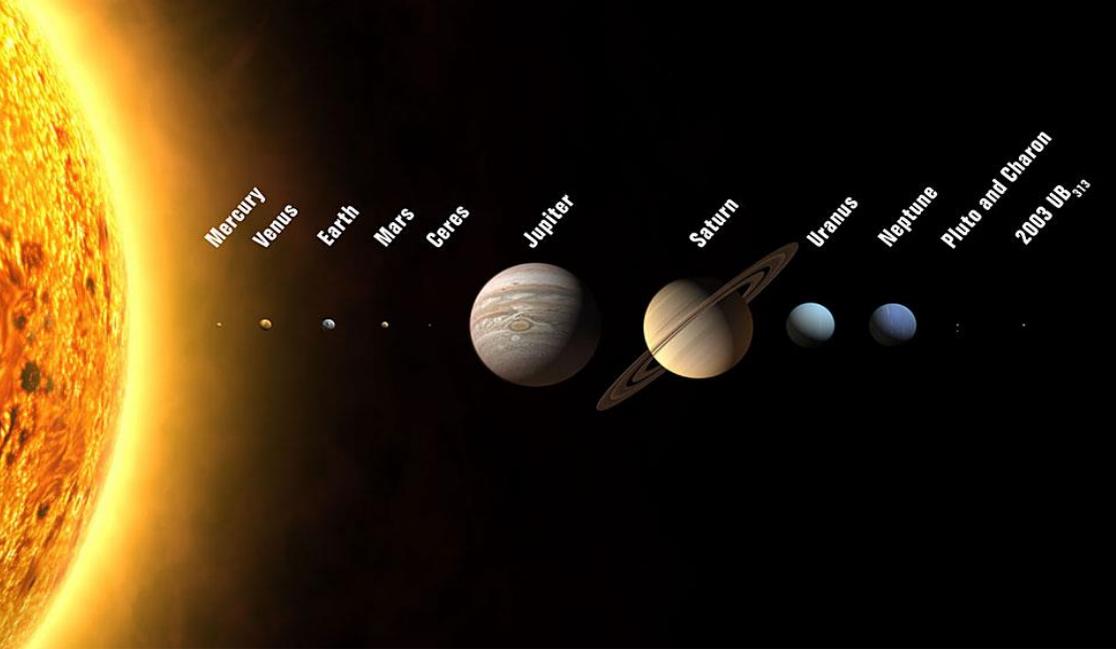
Lubang hitam memuat materi yang sangat banyak dan padat, yang tidak bisa dibayangkan manusia. Materi itu terkonsentrasi dan saling tindih di dalamnya, di mana jarak di antara unsur-unsur penyusun atom-atom menjadi tidak ada karena atom-atom itu sebagian besar kosong. Ukuran materi tersebut sangat kecil dan dengan terkonsentrasinya materi itu di dalam bintang raksasa, terbentuklah suatu gravitasi yang tak terbayangkan kuatnya bagi bintang itu dan gravitasi itu mencegah terlepasnya cahaya dari bintang tersebut. Maka, pada saat itu juga bintang tersebut dan juga pusat gravitasi galaksi menjadi tidak terlihat. Semua benda yang ada di dalam galaksi itupun tertaut dengan gaya gravitasi dari lubang hitam sebagai pusat gravitasi galaksi.



Sumber: sains.kompas.com, 2017

Gambar 21. Cygnus X-1

Gambar 21 merupakan salah satu sumber sinar X yang berhasil dideteksi oleh para astronom. Sinar X tersebut berada di gugus Cygnus sehingga diberi nama Cygnus X-1. Cygnus X-1 merupakan sistem bintang ganda yang mengandung lubang hitam. Komponen tampak sistem ini merupakan bintang biru bermagnitudo 9 (dikenal dengan HDE 226868).



Sumber: universetoday.com, 2015

MATAHARI SEBAGAI PELITA

Kata *siraajan* pada penggalan ayat di dalam QS. Al-Furqan ayat 61 dapat diartikan pelita/sumber cahaya. Menurut tafsir ilmi Kemenag RI, kata *sirajan* secara etimologis artinya lampu, pelita atau penerang. Quraish Shihab menyebut *siraj* yang berarti lampu yang terang benderang. Pada tafsir lainnya, menurut suatu qiraat lafal *siraajan* dibaca *suruujan* dengan ungkapan jamak. Ungkapan jamak tersebut dalam konteks sains dapat

dijabarkan menjadi jamak dari sisi jenis pelita yang ada di langit dan bumi serta jamak dari sisi jumlah energi yang dihasilkan.

Mengenai istilah jamak dari sisi jenis pelita, dalam sains dikenal istilah sumber cahaya. Sumber cahaya secara material (*hissi*) adalah benda-benda yang dapat memancarkan cahaya dari dirinya sendiri. Ayat tersebut mengisyaratkan bahwa sumber cahaya langit dan bumi itu jamak (banyak). Mengatakan dengan pasti tentang alam semesta adalah hal yang sulit karena kita hanya bisa melihat sebagian kecil dari alam semesta. Perkiraan terbaru menduga bahwa ada 100 milyar sampai 200 milyar galaksi di alam semesta, masing-masing memiliki ratusan milyar bintang. Sebuah simulasi komputer Jerman baru-baru ini memprediksi ada 500 milyar galaksi di alam semesta.



Sumber: environment-indonesia.com, 2015

MATAHARI SEBAGAI SUMBER ENERGI

Pada penggalan QS. Al-Fuqan ayat 61, kata *siraajan* merupakan bentuk nakirah, jika ditafsirkan pada bentuk mufrodnya maka pelita yang dimaksud adalah matahari. Matahari merupakan bintang yang paling dekat dengan bumi dengan ukuran yang tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil. Sebagai bintang, matahari dapat memancarkan cahaya sendiri karena merupakan bola gas yang berpijar yang merupakan pusat sumber tenaga di

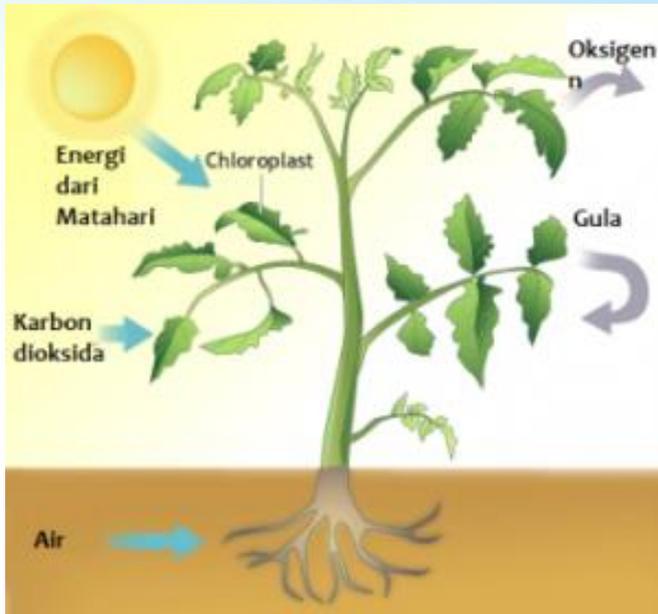
tata surya kita. Suhu pada inti matahari diperkirakan mencapai lebih dari $14.000.000^{\circ}\text{C}$, sedangkan suhu permukaannya relatif dingin, yaitu sekitar 5.000°C sampai 6.000°C . Panas matahari tersebut karena pancaran energi gas sub atomik “plasma”. Gas sub atomik terbentuk dari sekitar 76,4% gas hidrogen dan 21,8% gas helium serta sisanya berupa gas lain. Unsur-unsur kimia tersebut bercampur menjadi satu dalam bentuk gas sub atomik yang terdiri atas inti atom, elektron, proton, neutron, dan positron.

Matahari bersinar dengan sangat terang sekali. Andaikan kita gunakan lampu yang sangat terang 100 watt, butuh lebih dari 108 juta lampu 100 watt untuk menerangi separo bagian bumi. Pemanfaatan energi matahari tersebut dapat dikonversi secara langsung menjadi bentuk energi lain dengan tiga proses yaitu: proses *heliocemical*, proses *helioelectrical*, dan proses *heliothermal*. Reaksi *heliocemical* yang utama adalah proses fotosintesis, proses ini adalah sumber dari semua

bahan bakar fosil. Proses *helioelectrical* yang utama adalah produksi listrik oleh sel-sel surya. Proses *heliothermal* adalah penyerapan radiasi matahari dan pengkonversian energi ini menjadi energi termal. Seperti tampak pada gambar 22, matahari sebagai sumber energi bisa terdapat pada peristiwa fotosintesis dan produksi listrik oleh sel surya.



a Sumber: sharemaz.com, 2017



b Sumber: dosenbiologi.com, 2015

Gambar 22. (a) Sel surya (b) Proses fotosintesis



Sumber: ilmugeografi.com,

BULAN

Pada penggalan ayat *waqamaran muniiran* dari QS. Al-Furqan ayat 61 tersebut dapat diartikan “dan bulan yang bercahaya”. Cahaya bulan *muniiran* berbeda dengan cahaya matahari *siraajan*. Bulan termasuk benda gelap, maka ia tidak dapat memancarkan cahayanya sendiri. Bulan akan bercahaya apabila memperoleh cahaya dari *siraj* yaitu matahari. Cahaya dari *siraj* tersebut sebagian diserap untuk menghangatkan dirinya (batuan yang ada di

bulan) dan sebagian lagi dipantulkan. Karena cahayanya hanya berupa pantulan dari matahari, maka ketika siang hari bulan hanya terlihat sebagai benda putih di angkasa.

Pada penggalan kata *muniiran* adalah *nayiratin* yakni yang bercahaya karena memantulkan cahaya dari matahari. Faktanya, jika kita lihat dari bumi terdapat banyak benda gelap di langit yang terlihat bercahaya dan berperilaku seperti bulan yakni memantulkan cahaya dari *siraj*. Pada tata surya kita saja, terdapat 8 planet sebagai benda gelap yang bercahaya dari *siraj*. Mars memiliki 2 satelit, Jupiter dengan 17 satelit, Saturnus dengan 18 satelit, Uranus dengan 15 satelit dan Neptunus dengan 8 satelit. Di tata surya kita saja, terdapat 8 planet dan 61 satelit, padahal alam semesta sangat luas. Masih banyak tata surya di galaksi Bimasakti maupun milyaran galaksi yang lain. Demikianlah sebagian penjelasan yang dimaksud dengan isyarat pada penggalan kata *muniiran* tersebut.

Mengingat keutamaan yang dimiliki oleh bulan, maka di sini hanya disebutkan bulan (yang menjadi satelit bumi). Selain sebagai hiasan yang indah di langit, bulan juga memberikan cahayanya di malam hari ketika tidak ada sinar matahari sebagaimana terlihat pada gambar 23.

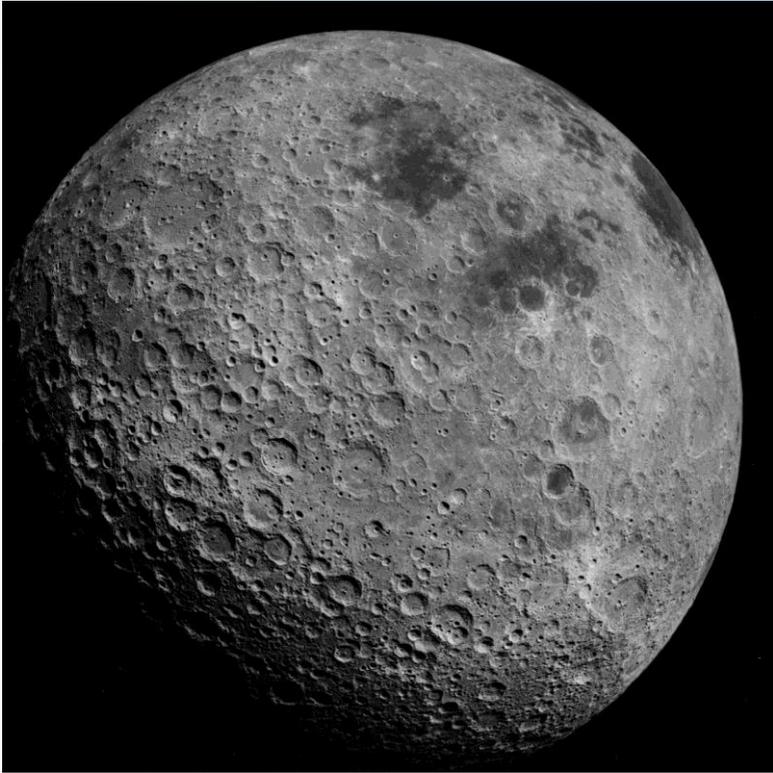


Sumber: infoastronomy.org, 2016

Gambar 23. Bulan purnama

Bulan merupakan satelit bumi, termasuk benda gelap dengan massa 0,0123 massa bumi. Bulan termasuk benda gelap karena material penyusunnya tidak menghasilkan energi cahaya. Bulan tidak mempunyai usaha sehingga detail permukaannya dapat mudah dilihat. Pola yang mudah dilihat adalah maria, dataran yang terlihat berwarna lebih gelap jika dilihat dari bumi, seperti tampak pada gambar 24. Maria bermateri basalt berlimpah zat besi dan titanium, banyak mengandung *pyroxene*.

Dataran tinggi di bulan banyak mengandung kalsium dan aluminium. Begitu banyaknya material di permukaan bulan yang menghadap bumi berawal dari tabrakan dahsyat membentuk basin imbrium. Sisi bulan yang tidak dapat kita lihat, dihuni oleh sedikit material gelap.

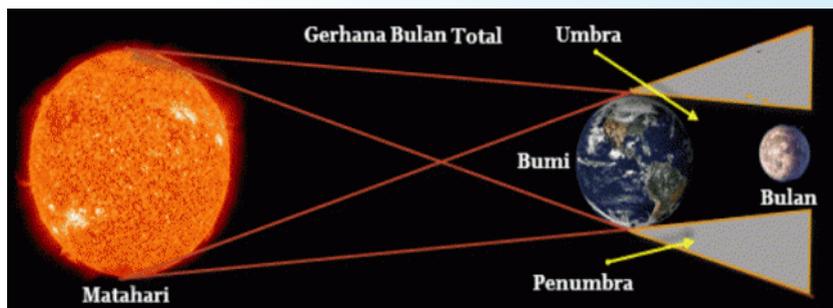


Sumber: kafeastronomi.com, 2014

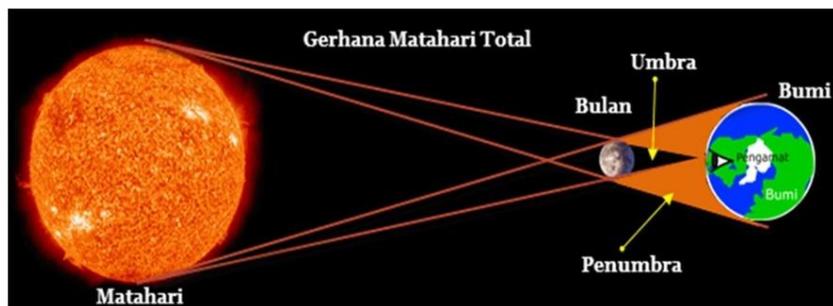
Gambar 24. Permukaan bulan

Selain yang sudah disebutkan di atas, bulan juga memiliki keistimewaan lain yaitu untuk menunjukkan tanda-tanda kebesaran Allah melalui fenomena gerhana matahari dan

bulan. Selain itu, bulan juga dapat dimanfaatkan untuk mengetahui waktu dalam kalender hijriyah.



Sumber: aktual.com, 2015



Sumber: maritim.go.id, 2016

Gambar 25. Gerhana bulan (atas), gerhana matahari (bawah)

Gambar 25 merupakan proses terjadinya gerhana bulan dan gerhana matahari. Gerhana bulan terjadi

apabila matahari, bumi dan bulan berada dalam satu garis simpul dengan posisi bulan membelakangi bumi (oposisi). Sedangkan gerhana matahari terjadi pada saat bulan berkonjungsi (bulan baru) tepat pada simpul atau setidak-tidaknya mendekati simpul.



**SINAR
DAN
CAHAYA**

Allah berfirman dalam QS. Yunus ayat 5:

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ
لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ ۚ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ
يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ ﴿٥﴾

“Dia-lah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya manzilah-manzilah (tempat-tempat) bagi perjalanan bulan itu, supaya kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui” (QS. Yunus: 5)

Perbedaan secara *hissi* (material) tentang matahari dan bulan terdapat pada penggalan ayat:

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا ...

“Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya...”

Pada penggalan ayat tersebut, kata *dhiyaa* (bersinar) dan *nuur* (bercahaya) keduanya merupakan *masdar*, namun memiliki pengertian yang berbeda. Menurut

Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), sinar adalah pancaran terang sedangkan cahaya adalah terang yang memungkinkan mata bisa menangkap bayangan benda-benda di sekitarnya. Dalam kehidupan sehari-hari, kata sinar sering disinonimkan dengan cahaya. Dalam bahasa Inggris, sinar (*ray*) juga memiliki pengertian yang berbeda dengan cahaya (*light*).

Jika dilihat dari bendanya, suatu benda dikatakan bersinar jika dapat menghasilkan pancaran terang atau sering disebut sumber cahaya/*pelita/siraj*. Sedangkan benda dikatakan bercahaya jika benda tersebut tidak dapat menghasilkan pancaran terang melainkan memantulkan terang, benda tersebut termasuk dalam kategori benda gelap. Sinar yang ada di bumi ini dihasilkan dari matahari. Sinar yang mengenai benda gelap kemudian dipantulkan atau dibiaskan atau didispersikan dan lain-lain kita sebut cahaya. Oleh karena itu bila ayat tersebut dimaknai secara material maka ketika kita menyebut sinar (*dhiyaa*) pembahasannya

terkait dengan sumber cahaya (yang telah dijelaskan sebelumnya) dan dualisme cahaya. Tetapi jika kita menyebut cahaya (*nuur*) maka pembahasannya sangat terkait dengan sifat-sifat kerjanya dalam optik geometri maupun optik fisis.



Sumber: nationalgeographic.grid.id, 2015

SINAR (*DHIYAA* / *RAY*)

Sebagaimana telah disampaikan sebelumnya, bahwa sinar (*dhiyaa*) adalah sesuatu yang terpancar dari sumber cahaya (*siraj*). Sinar digunakan untuk menjelaskan cahaya jauh sebelum sifat gelombangnya dibuktikan secara pasti. Dalam sebuah teori partikel mengenai cahaya, sinar adalah lintasan partikel. Dari sudut pandang gelombang,

sinar adalah garis khayal sepanjang arah perjalanan gelombang itu. Bila gelombang berjalan dalam sebuah materi isotropik homogen (sebuah material dengan sifat-sifat yang sama dalam semua daerah dan dalam semua arah), maka sinar itu selalu merupakan garis lurus yang normal terhadap muka gelombang. Muka gelombang merupakan tempat posisi semua titik yang berdekatan di mana fasa getaran sebuah besaran fisika yang diasosiasikan dengan gelombang itu adalah sama, yaitu pada setiap saat semua titik pada sebuah muka gelombang berada di bagian yang sama dari siklus perubahannya.

Pada permukaan sebuah plat kaca di udara, laju gelombang dan arah sinar dapat berubah, tetapi segmen-segmen sinar tersebut di udara dan di dalam kaca berupa garis-garis lurus. Pembahasan tentang sinar sangat terkait dengan sifat kebendaan (material), yang meliputi: jenis-jenis sinar, teori gelombang partikel, foton sebagai partikel sinar, radiasi benda hitam, efek fotolistrik, efek

Spektrum sinar matahari seperti terlihat pada gambar 26, terdiri dari sinar tampak dan sinar tidak tampak. Sinar tampak merupakan satu-satunya spektrum yang dapat dilihat, terdiri dari merah-jingga-kuning-hijau-biru-nila-ungu. Sinar merah memiliki panjang gelombang terpanjang tetapi frekuensi terkecil, sedangkan sinar ungu sebaliknya. Sinar tampak memiliki frekuensi antara 40.000 GHz sampai 80.000 GHz dan panjang gelombang antara 380 nm sampai 780 nm. Sinar tampak tersebut merupakan cahaya yang dapat diindera dalam kehidupan sehari-hari.

Panjang gelombang kasat mata didefinisikan oleh jangkauan spektral jendela optik, yaitu wilayah spektrum elektromagnetik yang mampu melewati atmosfer. Dikatakan jendela optik karena mata manusia tidak bisa menjangkau wilayah di luar spektrum optik. Yang termasuk sinar tidak tampak antara lain: sinar ultraviolet, sinar-X, sinar gamma, sinar kosmik, *microwave*,

gelombang listrik dan sinar inframerah yang terangkum dalam tabel 2.

Tabel 2. Sinar-sinar yang terdapat pada sinar matahari

No	Penandaan	Panjang Gelombang	% Energi Matahari
1	Sinar Gamma (γ)	0,0005 s.d 1	9%
2	Sinar X	1 s.d 500	
3	Sinar Ultraungu/ultraviolet	500 s.d 4000	
4	Sinar Cahaya Tampak	4000 s.d 7000	40%
	- Sinar Ungu	4000 s.d 4300	
	- Sinar Biru	4300 s.d 4900	
	- Sinar Hijau	4900 s.d 5300	
	- Sinar Kuning	5300 s.d 5800	
	- Sinar Jingga	5800 s.d 6300	
	- Sinar Merah	6300 s.d 7000	
5	Sinar Inframerah	$7 \cdot 10^3$ s.d $7 \cdot 10^6$	50%
6	Gelombang pendek/mikro/ <i>mocrowave</i>	$7 \cdot 10^6$ s.d $5 \cdot 10^9$	
	- Gelombang Radar	$7 \cdot 10^6$ s.d $8 \cdot 10^8$	
	- Gelombang TV	$8 \cdot 10^8$ s.d $5 \cdot 10^9$	
7	Gelombang Radio	$5 \cdot 10^9$ s.d $7 \cdot 10^{14}$	

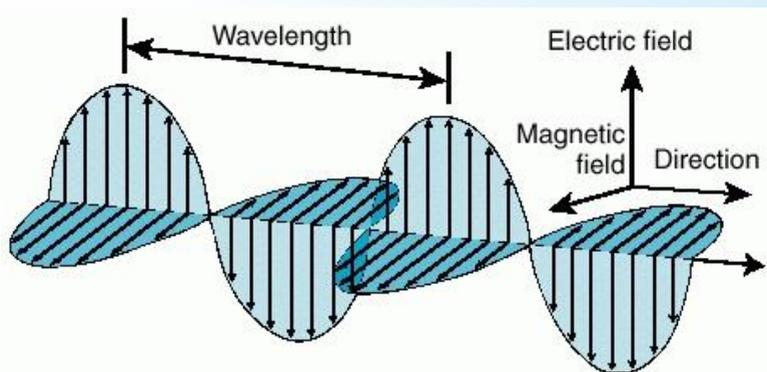
Banyak spesies dapat melihat pada panjang gelombang di luar jendela optik. Lebah dan serangga lainnya dapat melihat sinar ultraviolet yang membantu mereka mencari nektar bunga. Bunga juga dapat melihat sinar ultraviolet, misalnya bunga matahari selalu menghadap ke arah matahari.

2. Gelombang – Partikel

Sinar merupakan radiasi elektromagnetik sehingga selain sebagai gelombang juga sebagai partikel. Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang merambat tanpa medium perantara sehingga sinar matahari dapat sampai ke bumi walaupun melewati ruang hampa. Gelombang elektromagnetik termasuk dalam kategori gelombang transversal, yaitu gelombang yang arah getarannya tegak lurus dengan arah rambatannya sebagaimana terlihat pada gambar 27. Sebagai gelombang transversal, sinar juga memiliki arah getar yang tegak

lurus dengan arah rambatnya dengan cepat rambat

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s.}$$



Sumber: artikelnesia.com, 2011

Gambar 27. Gelombang elektromagnetik

Panjang gelombang (λ) masing-masing sinar dapat diketahui dengan besaran jarak (s) dan waktu tempuh (t) sehingga dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan termasuk untuk menelusuri fenomena alam melalui persamaan:

$$t = \frac{\lambda}{c} \quad (1)$$

dengan:

t = waktu tempuh (detik)

λ = panjang gelombang (m)

c = cepat rambat gelombang sinar (meter/detik)

3. Foton

Sinar merupakan suatu bentuk energi sehingga ketika merambat membawa energi. Energi dihasilkan dari pelepasan partikel yang bernama foton. Foton berbeda dengan partikel elementer lain seperti elektron dan quark, karena ia tidak bermassa dan dalam ruang vakum foton selalu bergerak dengan kecepatan c , memiliki sifat sebagai gelombang dan partikel.

Sebagai gelombang, sebuah foton tunggal tersebar di seluruh ruang dan menunjukkan fenomena gelombang seperti pembiasan dan interferensi. Sebagai partikel, foton hanya dapat berinteraksi dengan materi melalui pemindahan energi.

4. Kuanta dari Radiasi

Semua bentuk radiasi elektromagnetik, termasuk cahaya memiliki dua sifat. Ketika bergerak melalui ruang, mereka bertindak sebagai gelombang dan meningkatkan efek-efek interferensi dan difraksi. Tetapi ketika radiasi elektromagnetik berinteraksi dengan atom dan molekul, berkas radiasi itu bertindak seperti aliran paket energi (sangat kecil) yang disebut foton atau kuantum cahaya. Energi (E) dari setiap foton bergantung pada frekuensi (f) atau panjang gelombang (λ), dituliskan melalui persamaan:

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad (2)$$

dengan $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js adalah sebuah konstanta sifat yang disebut **Konstanta Planck**.



Sumber: melinweb.com, 2017

CAHAYA (NUUR/LIGHT)

Secara material, cahaya merupakan sinar yang sedang melakukan suatu aktivitas/kerja. Beberapa aktivitas tersebut adalah memantul, membias, interferensi dan difraksi. Cahaya merupakan sebuah gelombang elektromagnetik. Bila dipancarkan atau diserap, cahaya memperlihatkan juga sifat-sifat partikel. Cahaya dipancarkan oleh muatan listrik yang dipercepat karena telah diberi kelebihan energi oleh kalor atau oleh

pengosongan muatan listrik. Cahaya tunduk pada perintah Allah yang dapat dijelaskan melalui hukum Snellius maupun hukum lainnya.

1. Pemantulan Cahaya

Salah satu perilaku cahaya yang dapat kita amati dengan mudah adalah pemantulan cahaya. Pembahasan ini meliputi: sifat alami cahaya, hukum Snellius tentang pemantulan cahaya dan fenomena pemantulan pada cermin.

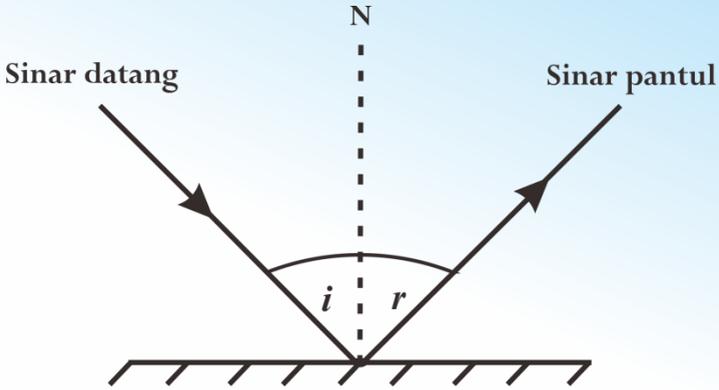
a. Sifat alami cahaya

Cahaya merupakan gelombang yang memindahkan tenaga tanpa perambatan massa, seperti halnya bunyi. Cahaya (dan semua bentuk radiasi elektromagnetik yang lain) adalah suatu bentuk yang fundamental dan ilmu fisika masih berusaha untuk memahaminya. Pada tingkat yang dapat diamati, cahaya menunjukkan dua perilaku berlawanan yang digambarkan secara kasar melalui model-model gelombang dan partikel.

Cahaya memperlihatkan sifat-sifat partikel ketika diasosiasikan dengan pemancaran dan penyerapan, dengan pengertian bahwa energi yang diangkut oleh gelombang cahaya dibungkus dalam paket-paket diskrit yang dinamakan foton atau kuantum. Cahaya dapat berinteraksi dengan beberapa benda seperti lensa, cermin, prisma, celah, dan lain-lain. Interaksi tersebut dapat dipahami secara jelas melalui model gelombang (dengan syarat kita tidak menelaah terlalu dalam mengenai apa yang terjadi pada tingkat mikroskopik).

b. Hukum Pemantulan Cahaya

Dalam pemantulan cermin (spekuler), sudut datang cahaya (θ_i) setara dengan sudut pemantulan (θ_r) untuk semua panjang gelombang dan untuk setiap pasangan material sebagaimana tampak pada gambar 28.



Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 28. Hukum pemantulan cahaya

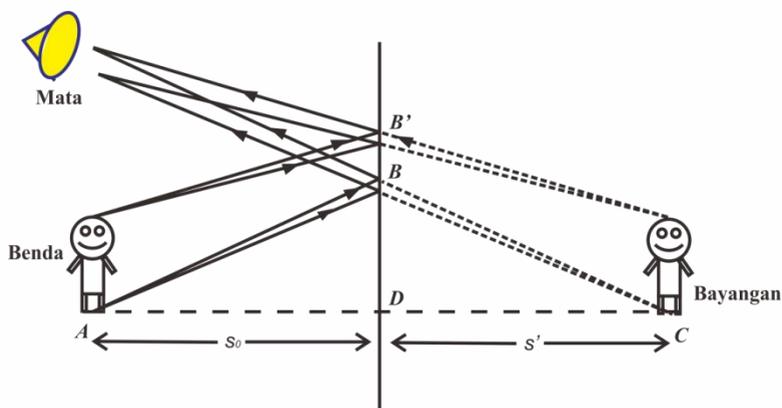
$$\theta_i = \theta_r \quad (\text{hukum refleksi})$$

Hubungan ini, bersama-sama dengan pengamatan bahwa sinar masuk, sinar yang direfleksikan dan garis normal, semuanya terletak pada bidang yang sama, yang dinamakan hukum refleksi (*law of reflection*).

c. Cermin Datar

Cermin datar membentuk bayangan yang tegak, dengan ukuran yang sama dengan bendanya, dan

bayangannya berada dalam jarak yang sama dari permukaan pantul dengan benda di depan cermin seperti tampak pada gambar 29. Bayangan tersebut maya, yaitu bayangan tidak akan muncul pada layar yang diletakkan pada posisi bayangan karena cahaya tidak memusat (berkonvergensi) di sana.



Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 29. Pembentukan bayangan pada cermin datar

Mari kita cermati gambar 29, terdapat dua berkas sinar yang meninggalkan titik A pada benda dan menimpa cermin pada titik B dan B' . Sudut ABD dan CDB

sama (kongruen) berdasarkan hukum pantulan. Dengan demikian, kedua segitiga ABD dan CDB adalah sama, dan panjang $AD = CD$. Berarti bayangan muncul di belakang cermin dengan jarak yang sama seperti jarak benda di depannya, yaitu jarak bayangan s_o (jarak dari cermin ke bayangan) sama dengan jarak benda s' . Berdasarkan geometri, kita juga melihat bahwa tinggi bayangan sama dengan tinggi benda.

Berkas-berkas cahaya sebenarnya tidak melewati lokasi bayangan itu sendiri. Hanya tampaknya seakan-akan cahaya datang dari bayangan karena otak kita menerjemahkan semua cahaya yang memasuki mata kita sebagai cahaya yang datang dengan lintasan lurus dari depan kita. Karena berkas sinar sebenarnya tidak melewati bayangan, bayangan tersebut tidak akan muncul pada kertas atau film yang diletakkan di lokasi bayangan. Dengan demikian, bayangan seperti ini disebut bayangan maya. Nama ini diberikan untuk membedakannya dari

bayangan nyata di mana cahaya memang melewati bayangan dan dengan demikian dapat muncul pada kertas atau film yang diletakkan pada posisi bayangan.

d. Cermin Lengkung

Permukaan-permukaan yang dapat memantulkan cahaya tidak harus datar. Cermin lengkung yang umumnya berbentuk sferis, yang berarti cermin tersebut akan membentuk sebagian dari bola. Fokus utama sebuah cermin lengkung, seperti yang tampak pada gambar 33 dan 37 adalah titik F, di mana sinar yang sejajar dan sangat dekat dengan titik pusat atau sumbu optik cermin difokuskan. Fokus ini nyata untuk cermin lengkung dan maya untuk cermin cembung. Fokus ini terletak pada sumbu optik dan berada di tengah-tengah antara titik pusat kelengkungan dan cermin tersebut.

1) Cermin Cekung

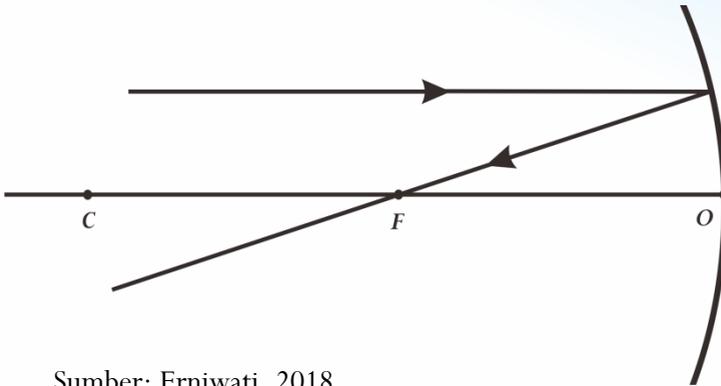
Cermin cekung adalah cermin dengan permukaan mengkilap dan melengkung ke dalam (memantulkan

cahaya). Dengan kata lain, permukaan pantul cermin ada di permukaan dalam bola sehingga pusat cermin melengkung menjauhi orang yang melihat. Cermin cekung bersifat *konvergen* (mengumpulkan cahaya). Cermin cekung disebut juga cermin positif karena titik fokus terletak di depan cermin (nyata), sehingga jarak fokus bernilai positif. Cermin cekung membentuk bayangan nyata terbalik dari benda yang diletakkan di luar fokus utama. Jika benda berada di antara fokus utama dan cermin, bayangan tersebut maya, tegak dan diperbesar.

Beberapa contoh penggunaan cermin cekung dalam kehidupan sehari-hari antara lain sebagai pemantul pada lampu sorot mobil dan motor, senter, sebagai penguatan sinyal-sinyal gelombang mikro (misal antena parabola) dan sebagai penerang kaca obyek pada mikroskop. Untuk menggambarkan pembentukan bayangan pada cermin cekung

dibutuhkan sinar-sinar istimewa. Berikut tiga sinar istimewa pada cermin cekung:

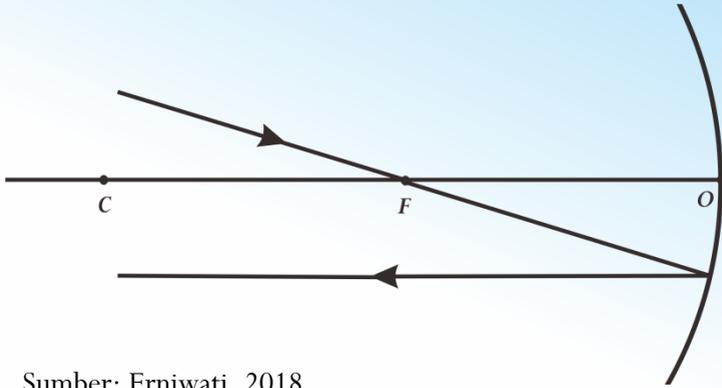
- (1) Sinar datang sejajar sumbu utama dipantulkan melalui titik fokus (F)



Sumber: Erniwati, 2018

Gambar 30. Sinar istimewa pertama pada cermin cekung

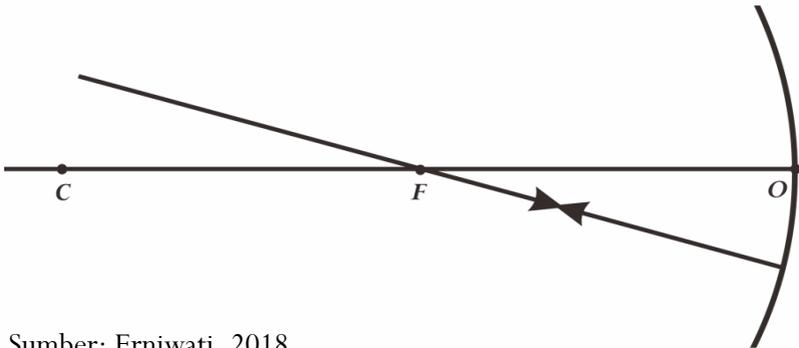
- (2) Sinar datang melalui titik fokus utama (F) dipantulkan sejajar sumbu utama



Sumber: Erniwati, 2018

Gambar 31. Sinar istimewa kedua pada cermin cekung

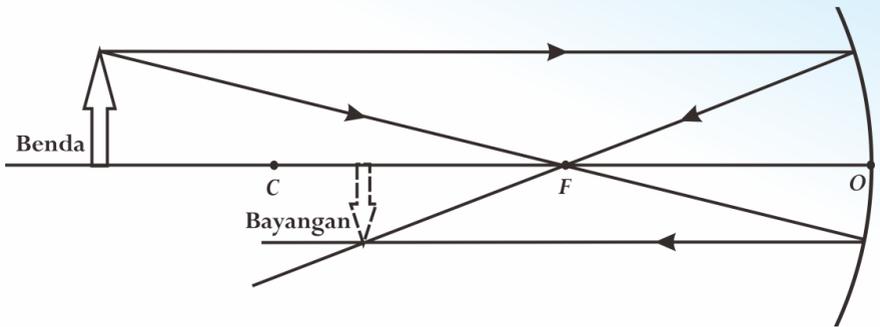
- (3) Sinar datang melalui titik pusat kelengkungan cermin (C) dipantulkan kembali sepanjang lintasan semula



Sumber: Erniwati, 2018

Gambar 32. Sinar istimewa ketiga pada cermin cekung

Menggunakan ketiga sinar istimewa pada cermin cekung, kita bisa menggambarkan pembentukan bayangannya.



Sumber: Erniwati, 2018

Gambar 33. Pembentukan bayangan pada cermin cekung

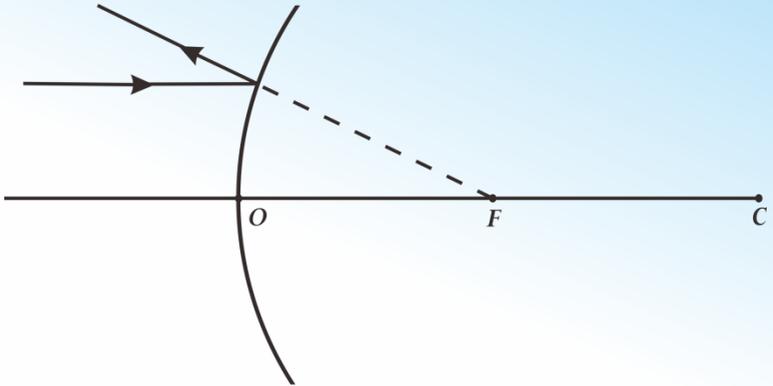
2) Cermin Cembung

Cermin dikatakan cembung jika pantulan terjadi pada permukaan luar bentuk sferis sehingga pusat permukaan cermin menggebu ke luar menuju orang yang melihat. Cermin cembung memiliki sifat menyebarkan cahaya (*divergen*). Dengan demikian, jika terdapat berkas-berkas cahaya sejajar mengenai

permukaan cermin cembung, maka berkas cahaya pantulannya akan disebarkan dari satu titik yang sama. Cermin cembung hanya menghasilkan bayangan maya, tegak, diperkecil dari benda yang diletakkan di depannya.

Cermin cembung banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, seperti pada kaca spion kendaraan baik motor maupun mobil dan kaca pengawas di toko-toko swalayan atau di ujung tikungan yang tajam. Untuk menggambarkan pembentukan bayangan pada cermin cembung diperlukan sinar istimewa. Berikut tiga sinar istimewa pada cermin cembung:

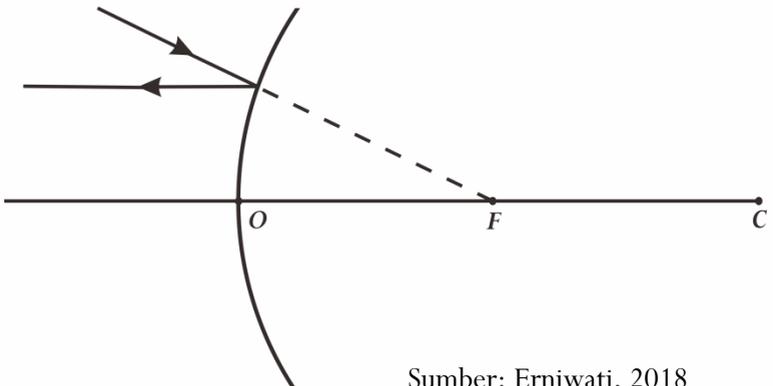
- a) Sinar datang sejajar sumbu utama akan dipantulkan seolah-olah berasal dari titik fokus (F)



Sumber: Erniwati, 2018

Gambar 34. Sinar istimewa pertama pada cermin cembung

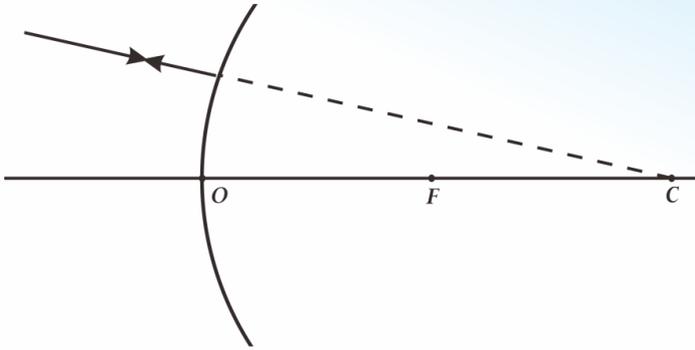
- b) Sinar datang seolah-olah menuju titik fokus (F) akan dipantulkan sejajar sumbu utama



Sumber: Erniwati, 2018

Gambar 35. Sinar istimewa kedua pada cermin cembung

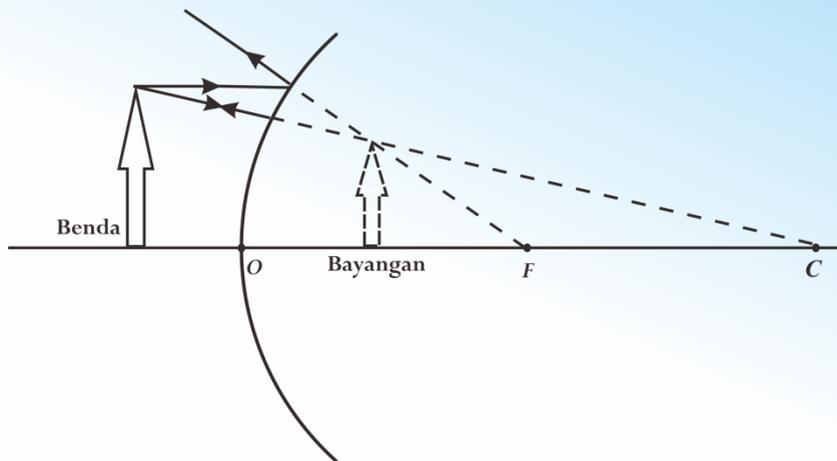
- c) Sinar datang yang menuju pusat kelengkungan cermin, akan dipantulkan seolah-olah berasal dari pusat kelengkungan yang sama.



Sumber: Erniwati, 2018

Gambar 36. Sinar istimewa ketiga pada cermin cembung

Menggunakan ketiga sinar istimewa pada cermin cembung, kita bisa menggambarkan pembentukan bayangannya. Bayangan benda pada cermin cembung selalu berada di antara titik O dan F seperti gambar di bawah ini.

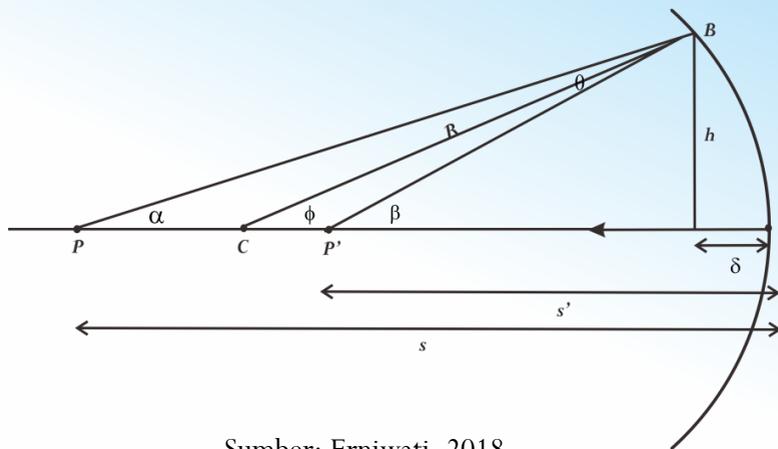


Sumber: Erniwati, 2018

Gambar 37. Pembentukan bayangan pada cermin cembung

e. Persamaan pada Cermin Lengkung

Teorema geometri bidang menyatakan bahwa sudut luar segitiga sama dengan jumlah dari dua sudut dalam yang berhadapan.



Sumber: Erniwati, 2018

Gambar 38. Segitiga *PBC*

Dengan menerapkan teorema di atas untuk segitiga *PBC* dan segitiga *P'BC* dalam gambar 38, maka berlaku hubungan:

$$\phi = \alpha + \theta \quad (3)$$

dan

$$\beta = \phi + \theta \quad (4)$$

Dengan mengeliminasi θ di antara persamaan-persamaan ini maka akan memberikan:

$$\alpha + \beta = 2\phi \quad (5)$$

Mengingat bahwa s , s' , dan R semuanya adalah kuantitas positif, maka,

$$\tan \alpha = \frac{h}{s - \delta'} \quad (6)$$

dan

$$\tan \beta = \frac{h}{s' - \delta'} \quad (7)$$

dan

$$\tan \phi = \frac{h}{R - \delta'} \quad (8)$$

Karena sudut α , sudut β , dan sudut ϕ kecil, maka tangen dari sudut-sudut tersebut hampir sama dengan sudut itu sendiri (yang diukur dalam radian), sehingga $\tan \alpha$ dapat diganti dengan α , dan seterusnya dalam persamaan di atas. Juga jika α kecil, jarak δ dapat diabaikan. Maka untuk sudut-sudut yang kecil berlaku persamaan aproksimasi sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{h}{s'} \quad (9)$$

dan

$$\beta = \frac{h}{s'} \quad (10)$$

dan

$$\phi = \frac{h}{s'} \quad (11)$$

dengan mensubstitusikan ke dalam persamaan (5) dan membaginya dengan h , diperoleh hubungan umum antara s , s' , dan R sebagai berikut:

$$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{2}{R} = \frac{1}{f} \quad (12)$$

dengan:

s_o = jarak benda dari cermin

s_i = jarak bayangan dari cermin

R = jari-jari kelengkungan cermin

f = panjang fokus cermin = $\frac{R}{2}$

Terdapat beberapa aturan tanda, berikut ini adalah yang paling banyak digunakan. Dengan cahaya datang dari sebelah kiri:

- a) Ketika benda, bayangan atau titik fokus berada di sisi pemantul cermin (di sebelah kiri), jarak-jarak tersebut dianggap positif. Jika ada dari titik-titik ini terletak di belakang cermin (di sisi kanan), jarak yang bersangkutan bernilai negatif
- b) Tinggi bayangan y_i bernilai positif jika bayangan tegak, dan negatif jika bayangan terbalik, relatif terhadap benda (tinggi benda y_0 selalu diambil positif).

f. Ukuran Bayangan

Ukuran bayangan (perbesaran bayangan) yang dibentuk oleh sebuah cermin lengkung ditentukan oleh:

$$M_T = \frac{y_i}{y_o} = -\frac{s_i}{s_o} \quad (13)$$

dengan y_i dan y_0 berturut-turut adalah tinggi bayangan dan tinggi benda, di mana salah satu positif jika berada di atas sumbu pusat dan negatif jika berada di bawahnya. s_i

dan s_o berturut-turut adalah jarak bayangan dan jarak benda. Perbesaran bernilai negatif menyatakan bahwa bayangannya terbalik.

g. Contoh Pemantulan Cahaya

Beberapa contoh peristiwa pemantulan cahaya dapat dilihat pada gambar di bawah ini:





Gambar 39. Contoh pemantulan cahaya (a) Pemantulan pada cermin cembung (b) Pemantulan cahaya di air (c) Pemantulan pada kaca spion

2. Pembiasan Cahaya

Cahaya akan mengalami pembiasan (pembelokan) apabila melewati dua medium yang berbeda kerapatannya. Pembiasan cahaya ini menyebabkan terjadinya perubahan laju cahaya karena perbedaan indeks bias kedua medium.

a. Laju Cahaya

Laju cahaya (c) sebagaimana biasanya diukur bervariasi antara satu medium dengan medium yang lainnya. Cahaya (diperlukan secara makroskopik) bergerak paling cepat dalam keadaan vakum, dengan lajunya adalah $c = 2,998 \times 10^8$ m/s. Laju cahaya merupakan jarak yang ditempuh oleh cahaya dalam waktu $1/2,998 \times 10^8$ sekon, dengan sekon yang didefinisikan oleh jam cesium. Laju cahaya di udara adalah $c/1,0003$. Di dalam air lajunya adalah $c/1,333$ dan di dalam kaca biasa adalah sekitar $c/1,52$. Meskipun demikian, pada tingkat mikroskopik cahaya tersusun atas foton-foton, dan foton

hanya ada dengan laju c . Perlambatan dalam medium muncul karena penyerapan dan hamburan saat cahaya bergerak dari atom ke atom.

b. Indeks Bias

Laju cahaya dalam ruang hampa udara sebesar $c = 2,998 \times 10^8$ m/s, biasanya dibulatkan menjadi $c = 3,00 \times 10^8$ m/s. Laju ini berlaku untuk semua gelombang elektromagnetik, termasuk cahaya tampak. Di udara, laju tersebut hanya sedikit lebih kecil. Pada benda transparan lainnya, seperti kaca dan air, kelajuan selalu lebih kecil dibandingkan di udara hampa. Sebagai contoh, di air cahaya merambat kira-kira dengan laju $3/4 c$. Perbandingan laju cahaya di udara hampa dengan laju v pada materi tertentu disebut indeks bias n , dari materi tersebut:

$$n = \frac{c}{v} \quad (9)$$

dengan c adalah laju cahaya dalam vakum dan v adalah laju cahaya dalam medium. Nilai indeks bias tidak pernah lebih kecil dari 1 (artinya, $n \geq 1$). Untuk dua medium sembarang, indeks bias relatif medium 1, terhadap medium 2 adalah:

$$n = \frac{n_1}{n_2} \quad (10)$$

dengan n_1 dan n_2 adalah indeks bias absolut medium 1 dan medium 2.

c. Fenomena Pembiasan

Selain pemantulan, Willebrord Snell juga melakukan eksperimen tentang pembiasan cahaya. Dia juga mengemukakan hubungan antara sinar datang dan sinar bias yang kemudian dikenal dengan Hukum Snellius. Bunyi hukum Snellius:

- Jika $n_2 > n_1$ maka $\theta_2 < \theta_1$ artinya jika cahaya memasuki medium dengan n_2 lebih besar (lajunya

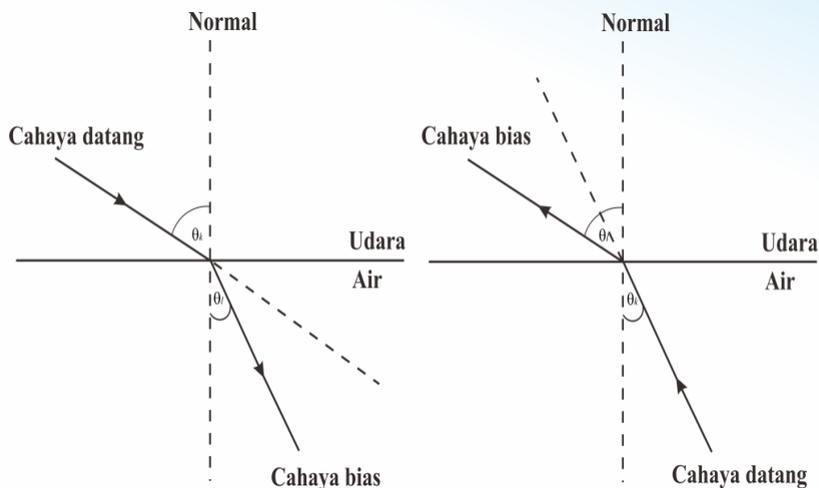
lebih kecil), maka berkas cahaya dibelokkan menuju normal

- Jika $n_2 < n_1$ maka $\theta_2 > \theta_1$ artinya jika cahaya memasuki medium dengan n_1 lebih besar, maka berkas cahaya dibelokkan menjauhi normal.

Syarat-syarat terjadinya pembiasan adalah cahaya melalui medium yang berbeda kerapatan optiknya dan cahaya datang tidak tegak lurus terhadap bidang batas (sudut datang lebih kecil dari 90^0). Pembiasan cahaya dapat terjadi dikarenakan perbedaan laju cahaya pada kedua medium. Laju cahaya pada medium yang rapat lebih kecil dibandingkan dengan laju cahaya pada medium yang kurang rapat. Pada gambar 40, jika sinar datang dari medium satu ke medium dengan indeks bias masing-masing n_1 dan n_2 maka secara matematis hukum Snellius dirumuskan dengan persamaan:

$$n_1 \sin k = n_2 \sin l \text{ atau } \frac{n_1}{n_2} = n_{12} = \frac{\sin l}{\sin k} \quad (11)$$

dengan θ_k dan θ_l adalah sudut datang dan sudut bias, n_1 dan n_2 adalah indeks bias medium sinar datang dan indeks bias medium sinar bias.



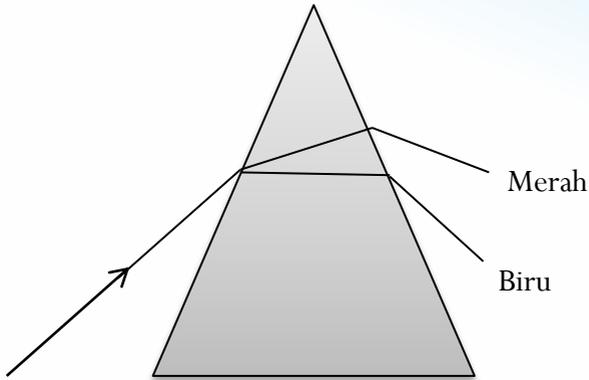
Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 40. Pembiasan cahaya yang berbeda kerapatan optiknya

d. Pembiasan pada Prisma

Prisma dapat digunakan untuk menguraikan cahaya ke dalam berbagai warna, sebagaimana tampak pada gambar 41. Karena indeks bias sebuah medium bervariasi

tergantung pada panjang gelombang, warna-warna cahaya yang berbeda membiaskan dengan cara yang berbeda. Dalam hampir semua medium, merah dibiaskan paling dekat dan biru dibiaskan paling jauh.

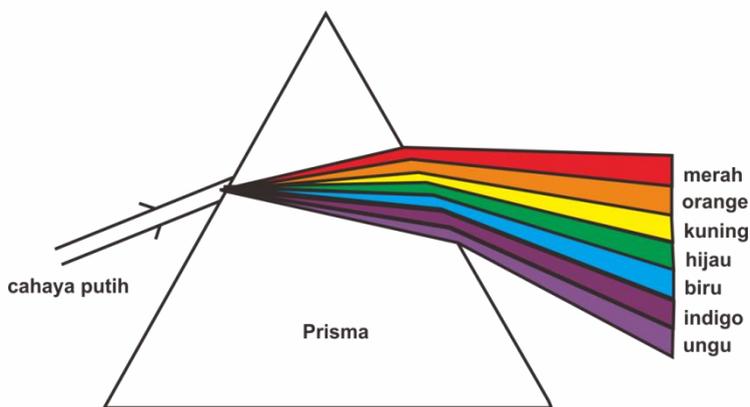


Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 41. Pembiasan cahaya pada prisma

Ketika seberkas cahaya polikromatis diarahkan ke prisma, cahaya tersebut kemudian terurai menjadi cahaya merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, dan ungu (menjadi cahaya berwarna-warni atau monokromatis), kita sering menyebutnya peristiwa dispersi cahaya. Cahaya putih merupakan cahaya polikromatis, artinya

cahaya yang terdiri atas banyak warna dan panjang gelombang. Cahaya yang terurai dari peristiwa dispersi memiliki panjang gelombang yang berbeda. Setiap panjang gelombang memiliki indeks bias yang berbeda. Semakin kecil panjang gelombangnya semakin besar indeks biasnya. Dispersi pada prisma terjadi karena adanya perbedaan indeks bias kaca setiap warna cahaya. Peristiwa dispersi dapat dilihat pada gambar 42.



Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 42. Dispersi pada prisma

e. Fatamorgana

Fenomena pembiasan dapat kita amati pada peristiwa terjadinya fatamorgana seperti terlihat pada gambar 43.



Sumber: majalahbatu.com, 2016

Gambar 43. Fatamorgana

Fatamorgana terjadi karena adanya pembiasan (pembelokan) sinar matahari di udara yang berbeda kerapatannya karena suhu. Fatamorgana yang terjadi pada aspal yang hitam disebabkan oleh teriknya matahari pada siang hari sehingga memanaskan aspal, kemudian radiasi panas aspal akan memantulkan udara ke sekitar aspal

tersebut. Udara yang panas akan memantulkan bayangan langit yang ada di atasnya dan tampak seperti kolam berisi air.

f. Lensa Tipis

Lensa adalah benda optik yang dibatasi oleh dua permukaan lengkung yang saling merefraksikan. Oleh karena itu, lensa memiliki dua titik pusat dengan kelengkungan yang berbeda. Garis yang menghubungkan kedua titik tersebut dinamakan sumbu utama lensa. Lensa yang paling sederhana mempunyai dua permukaan bola yang cukup dekat satu sama lain sehingga kita dapat mengabaikan jarak di antara kedua permukaan itu (tebalnya lensa tersebut). Kita sering menamakan ini sebagai lensa tipis (*thin lens*).

Untuk menentukan hubungan antara benda dan bayangan pada lensa tipis, berlaku rumus:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \quad (12)$$

Sedangkan untuk menentukan perbesaran bayangan pada lensa tipis, berlaku rumus:

$$m = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \quad (13)$$

dengan:

s = jarak benda ke lensa

s' = jarak bayangan ke lensa

y = tinggi benda

y' = tinggi bayangan

f = fokus lensa

m = perbesaran bayangan

Tanda negatif menyatakan bahwa bila s dan s' keduanya adalah positif maka bayangan yang dibentuk terbalik, y dan y' mempunyai tanda yang berlawanan. Lensa dibagi menjadi dua jenis, yaitu lensa cembung dan lensa cekung.

1) Lensa Cembung

Lensa cembung atau lensa positif disebut pula lensa *konvergen*, yaitu lensa yang mengumpulkan berkas sinar sejajar. Terdapat tiga jenis lensa konvergen, yaitu lensa

bikonveks (cembung-rangkap), *plakonveks* (cembung datar), dan *konkaf-konveks* (cembung-cekung) seperti terlihat pada gambar 44.



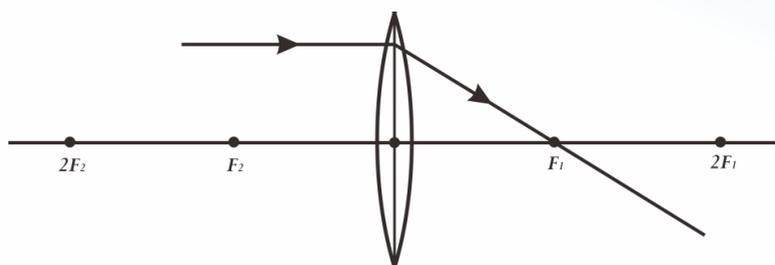
Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 46. Jenis-jenis lensa cembung

Banyak alat optik yang menggunakan lensa cembung seperti lup/kaca pembesar yang banyak digunakan oleh tukang jam, tukang emas, dan detektif. Pada teropong digunakan sebagai lensa objektif sekaligus lensa okuler, pada mikroskop digunakan sebagai lensa objektif.

Untuk melukis pembentukan bayangan benda pada lensa cembung dapat digunakan sinar-sinar istimewa, yaitu:

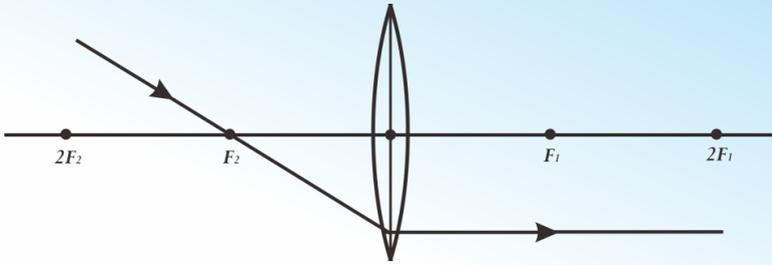
- (1) Sinar datang sejajar sumbu utama akan dibiaskan melalui titik fokus (F_1) di belakang lensa



Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 47. Sinar istimewa pertama pada lensa cembung

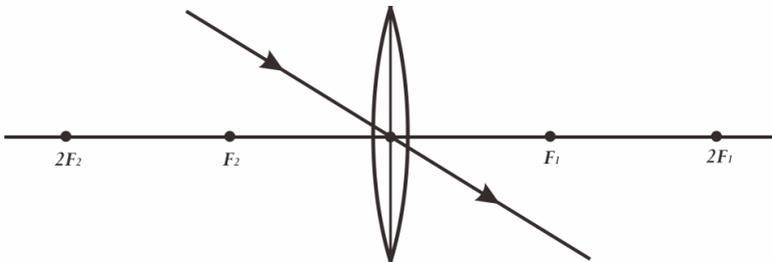
- (2) Sinar datang menuju titik fokus di depan lensa (F_2) akan dibiaskan sejajar sumbu utama



Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 48. Sinar istimewa kedua pada lensa cembung

- (3) Sinar datang melewati pusat optik lensa (O) tidak akan dibiaskan melainkan diteruskan

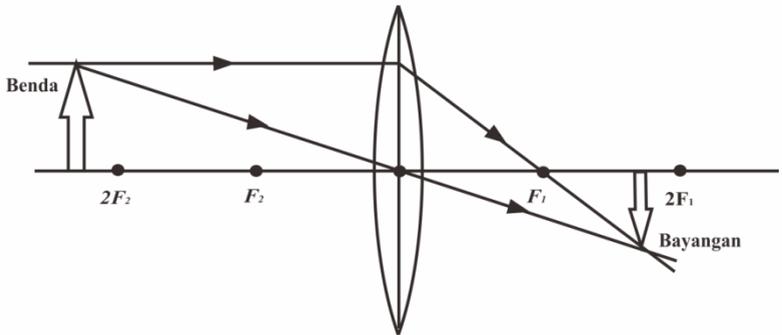


Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 49. Sinar istimewa ketiga pada lensa cembung

Menggunakan tiga sinar istimewa pada lensa cembung, dapat digambarkan pembentukan bayangan pada lensa cembung sebagai berikut:

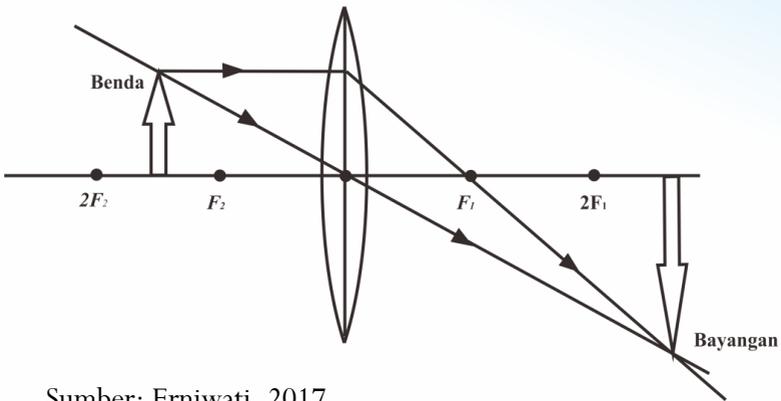
- (1) Jarak benda lebih besar dari pusat kelengkungan lensa ($2F_2$). Dengan menggunakan sinar istimewa lensa cembung, diperoleh bayangan yang bersifat nyata, terbalik, diperkecil, dan letak bayangannya di antara titik fokus pertama (F_1) dan pusat kelengkungan lensa pertama ($2F_1$).



Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 37. Pembentukan bayangan lensa cembung dengan benda berada $> 2F_2$

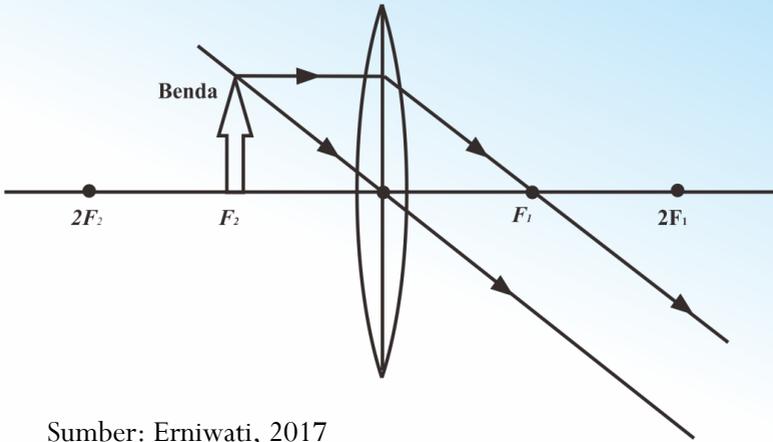
- (2) Benda diletakkan di antara $2F_2$ dan F_2 . Dengan menggunakan sinar istimewa lensa cembung, diperoleh bayangan yang bersifat nyata, terbalik, diperbesar, dan letak bayangannya di luar F_1 .



Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 38. Pembentukan bayangan lensa cembung dengan benda di antara $2F_2$ dan F_2

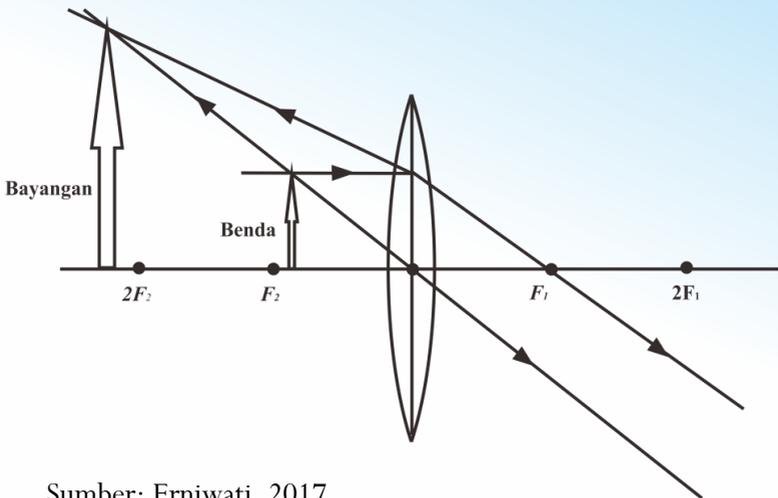
- (3) Benda diletakkan di titik fokus kedua (F_2). Dengan menggunakan sinar istimewa lensa cembung, diperoleh bayangan yang bersifat maya di tak terhingga.



Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 50. Pembentukan bayangan lensa cembung dengan benda di F_2

- (4) Benda diletakkan di antara F_2 objek dan pusat lensa. Dengan menggunakan sinar istimewa lensa cembung, diperoleh bayangan yang bersifat maya, tegak, diperbesar, dan terletak di depan lensa.

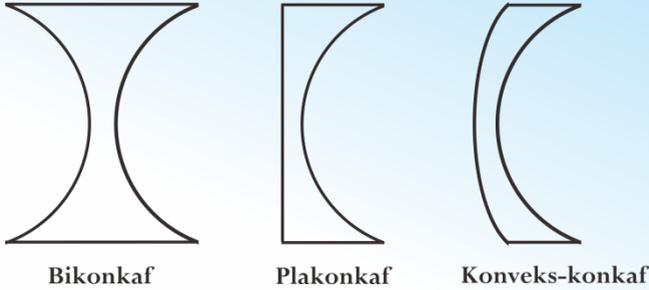


Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 51. Pembentukan bayangan lensa cembung dengan benda diantara F_2 dan O

2) Lensa Cekung

Lensa cekung yaitu lensa yang menyebarkan berkas sinar sejajar. Disebut pula lensa *divergen* atau lensa negatif. Terdapat tiga jenis lensa divergen, yaitu lensa *bikonkaf* (cekung-rangkap), *plakonkaf* (cekung-datar), dan *konveks-konkaf* (cekung-cembung) seperti terlihat pada gambar 52.

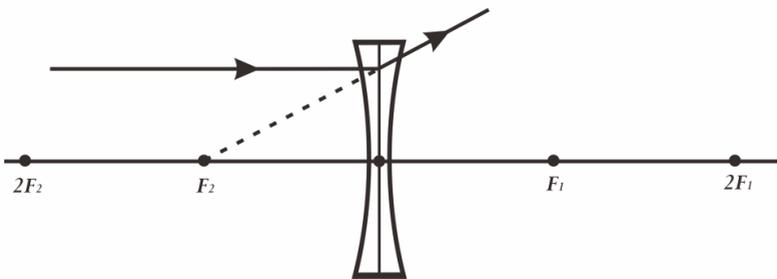


Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 52. Jenis-jenis lensa cekung

Untuk melukiskan pembiasan yang terjadi pada lensa cekung, dapat digunakan tiga sinar istimewa, yaitu:

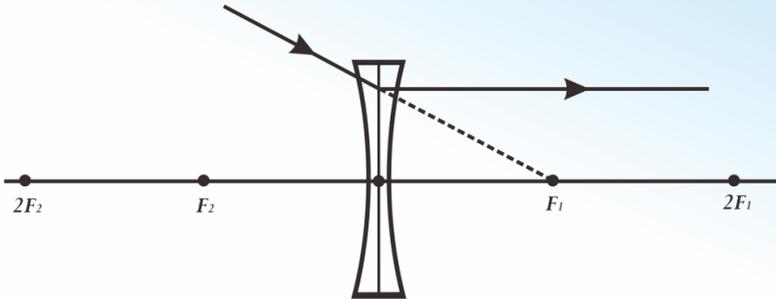
- (1) Sinar datang sejajar sumbu utama akan dibiaskan seolah-olah berasal dari titik fokus (F_1) di depan lensa



Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 53. Sinar istimewa pertama pada lensa cekung

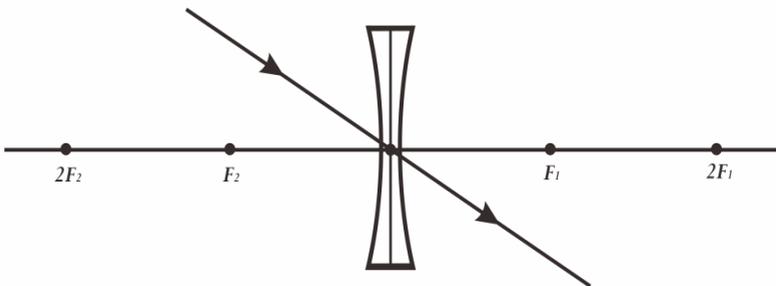
- (2) Sinar datang seolah-olah menuju titik fokus (F_2) di belakang lensa akan dibiaskan sejajar sumbu utama



Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 54. Sinar istimewa kedua pada lensa cekung

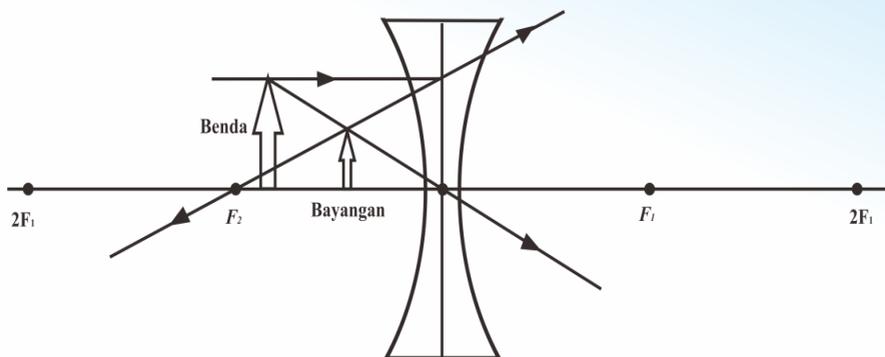
- (3) Sinar yang datang melewati pusat optik lensa (O) tidak akan dibiaskan melainkan diteruskan.



Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 55. Sinar istimewa ketiga pada lensa cekung

Dengan menggunakan ketiga sinar istimewa pada lensa cekung, dapat digambarkan pembentukan bayangan oleh lensa cekung sebagai berikut.



Sumber: Erniwati, 2017

Gambar 56. Pembentukan bayangan pada lensa cekung

g. Contoh Pembiasan Cahaya

Beberapa contoh peristiwa pembiasan cahaya dapat dilihat pada gambar 57 di bawah ini.



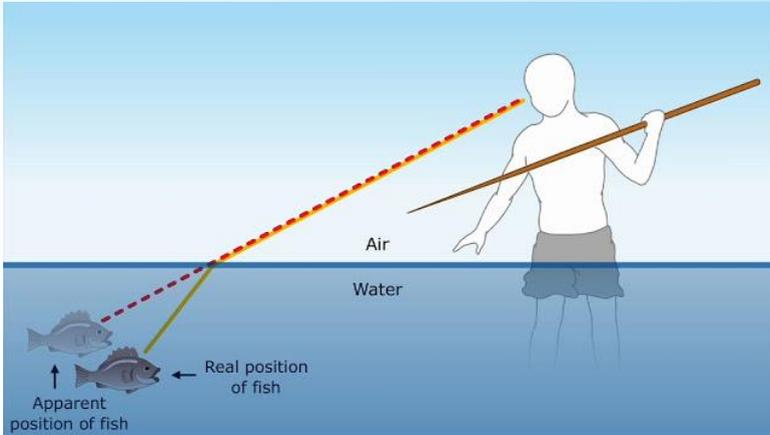
a

Sumber: Erniwati, 2017



b

Sumber: innerchildfun.com, 2013



c

Sumber: tentangfenomena.blogspot.com, 2016

Gambar 57. Contoh peristiwa pembiasan (a) Pensil dimasukkan ke dalam gelas berair (b) Pelangi (c) Orang melihat ikan di dalam air

Az-Zahrawi



Sumber: id.wikipedia.org, 2018

Gambar 58. Az-Zahrawi

Nama latin dari Abul Qasim Khalaf ibn al-Abbas az-Zahrawi adalah Abulcasis. Dia adalah orang pertama yang menemukan Teori Pembedahan dengan menciptakan dan menggunakan suntik serta alat-alat bedah. Ia mendirikan tempat praktik dengan pemeriksaan statistik tempat melipat (memberikan tanda) yang menyerupai tempat cermin muka teleskop pada masa mendatang. Dia juga

orang pertama yang menggunakan cermin muka (teleskop ringan). Disebutkan dalam bukunya *At-Tashrif Liman Ajiza an Ta'lif* yang diterjemahkan ke bahasa Latin negara Italia oleh Gerardo dengan sebutan *Al-Tashrif*.

Al-Haitsam



Sumber: baitulmaqdis.com, 2014

Gambar 59. Al-Haitsam

Nama latin dari Abu Ali al-Hasan ibn al-Hasan ibn al-Haitsam adalah Alhacen. Al-Haitsam merupakan orang

yang menerjuni bidang ilmu mata dan fisiologi mata. Penelitiannya merupakan dasar yang membuat para Ilmuwan Barat menggunakan seluruh teori mereka di bidang tersebut. Dia merupakan orang pertama yang menggunakan kamar hitam sebagai sarana dasar fotografi. Buku yang mengabadikan nama Ibnu Haitsam selama beberapa abad adalah buku *Al-Manazhir* (Optik).

Ibnu Haitsam menulis masalah mata hampir dua puluh empat materi. Di antara buku, risalah dan makalahnya hilang sebagaimana hilangnya peninggalan-peninggalan ilmu-ilmu masa silam. Buku-buku yang masih tersisa di antaranya telah ditemukan di perpustakaan Istanbul dan London serta perpustakaan lainnya. Di antara karyanya yang masih bisa diselamatkan dari kepunahan adalah kitabnya yang paling besar *Al-Manazhir* yang meliputi teori-teori temuan jeniusnya dibidang ilmu sinar. Buku ini menjadi rujukan dasar di bidang ilmu mata sampai abad ke-17 Masehi sesudah diterjemahkan ke dalam bahasa Latin.

Ibnu Rusyd



Sumber: *syafieh.blogspot.com*, 2013

Gambar 60. Ibnu Rusyd

Nama latin dari Abu Walid Muhammad bin Ahmad bin Rusyd adalah Averroes. Dia dikenal sebagai Ilmuwan Muslim ahli filsafat dari Spanyol. Ia ditetapkan sebagai penjelas filsafat Aristoteles paling senior, sampai-sampai dia dijuluki dengan nama “Sang Pensyarah”. Dialah yang membedakan antara pengajaran Aristoteles dan Plato, sebagaimana dia membedakannya dengan bilangan yang

besar sehingga dia tidak rela dan menolak sebagian besar pendapat Aristoteles yang tidak sesuai dengan ajaran Agama.

Orang-orang Barat memetik ajaran filsafat Ibnu Rusyd secara sempurna, dan membuka di hadapan pemikiran filsafat Eropa pertengahan pintu-pintu pembahasan dan perdebatan. Lalu muncullah di antara mereka madzhab (Rusydiyah) lantaran mengambil pendapat akal saat terjadi pembahasan. Di antara karyanya yang paling penting adalah *Fadhlu Al-Maqal fima Baina Al-Hikmah wa Syariat Minal Ittishal* dan *Manahij Adillah fi Aqaaidil Millah*.

Al-Battani



Sumber: *en.wikipedia.org*, 2018

Gambar 61. Al-Battani

Nama latin dari Abu ‘Abd Allah Muhammad ibn Jabir ibn Sinan al-Raqiqi al-Harrani as-Sabi’ al-Battani adalah Albatenius. Salah satu karya al-Battani yaitu *Az-Zaijush*. Al-Battani terkenal sebagai Ilmuwan yang membawa pengaruh besar dalam ilmu astronomi. Dia adalah ilmuwan yang meneliti banyak tempat bintang dan meluruskan teori sebagian gerakan bulan dan bintang

yang berjalan. Al-Battani juga menjelaskan tentang lamanya tahun Syamsiyah. Bukunya telah diterjemahkan dalam bahasa Latin pada abad ke-12 Masehi, sebagaimana dicetak di Eropa beberapa terbitan. Buku tersebut menjelaskan seputar pengetahuan astronomi. Al-Battani juga mengarang buku bidang astronomi yaitu *Makhrifat Mathali'in Nujumm*, juga buku *Ta'dil Al-Kawakib*.

Al-Khawarizmi



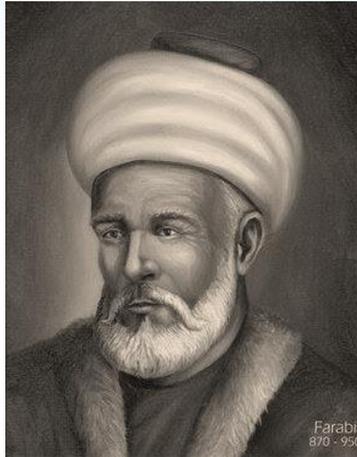
Sumber: *majalahlangitan.com*, 2016

Gambar 62. Al-Khawarizmi

Nama latin dari Muhammad bin Musa al-Khawarizmi adalah Algoritmi. Dia adalah orang pertama yang menggunakan kalimat Aljabar, suatu ilmu yang terkenal hingga sekarang dengan nama Aljabar. Orang-orang Eropa telah mengadopsi nama tersebut. Sampai saat ini pun nama Al-Jabar dikenal dengan nama Arabnya di seluruh bahasa Eropa. Al-Khawarizmi dikenal sebagai Bapak Aljabar.

Al-Khawarizmi berhasil menguraikan sebagian masalah rumit dalam hukum waris dan meletakkan pokok-pokok dan kaidah-kaidah yang menjadikannya ilmu tersendiri dari ilmu arsitek dan bidang ilmu matematika. Kitab al-Khawarizmi adalah *Al-Jabar wal Muqabalah*, sebuah buku induk yang berpengaruh sangat besar untuk mempelajari perpindahan persamaan dan uraiannya.

Al-Farabi



Sumber: muslims-figure.blogspot.com, 2010

Gambar 63. Al-Farabi

Nama latin dari Abu Nasir Muhammad bin Thurhan al-Farabi adalah Alfarabius. Dia merupakan filsuf paling besar kaum Muslimin. Dia dikenal sebagai guru kedua dalam pelajaran buku-buku Aristoteles. Di antara buku al-Farabi yang terkenal adalah *Ara' ahlu Al-Madinah Al-Fadhilah* yang menjelaskan aturan masyarakat yang tidak ada duanya. Al-Farabi mencoba untuk menafsirkan sisi

Islam yang berbeda-beda dan sudut-sudut peradaban Arab Islam yang bermacam-macam menurut kacamata filsafat yang khusus. Ia membahas tentang ilmu kalam, akidah, fikih dan *tasyri'*.

Ibnu Sina



Sumber: biografipedia.com, 2015

Gambar 64. Ibnu Sina

Nama latin dari Abu 'Ali al-Husayn bin 'Abdullah bin Sina adalah Avicenna, terkenal dengan sebutan

pemimpin para syaikh. Ibnu Sina merupakan guru ketiga setelah Aristoteles dan Al-Farabi. Namanya sangat dikenal dalam bidang kedokteran dan juga filsafat. Sejarawan George Sarton telah mendaulat Ibnu Sina sebagai salah satu Ilmuwan Islam terbesar yang paling terkenal di dunia. Ibnu Sina mempunyai banyak tulisan dalam bidang filsafat yang terbukti keunggulannya. Sebagian karyanya diterjemahkan ke dalam bahasa Eropa. Di antara karya terbesarnya dalam bidang filsafat adalah *Asy-yifa* yang mengandung ilmu filsafat. Kemudian *An-Najat* yaitu ringkasan dari buku *Asy-Syifa*, dan *Isyarat wa Tanbih* juga meluaskannya dalam risalah-risalah tentang hikmah, dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Y. A.-H. (2016). *Mukjizat Ilmiah di Bumi dan Luar Angkasa*. Solo: Aqwam.
- Al-Qur'an, L. P. (2010). *Tafsir Ilmi: Penciptaan Bumi*. Jakarta: Kementrian Agama RI.
- Asmiarto, D. (2010). *Fisika Matematika IPA*. Yogyakarta: PRIMAGAMA.
- As-Sirjani, R. (2009). *Sumbangan Peradaban Islam pada Dunia*. Jakarta: Pustaka Al-Kautsar.
- Bueche, F. J., & Hecht, E. (2006). *Fisika Universitas*. Jakarta: Erlangga.
- Cromer, A. H. (1994). *Fisika untuk Ilmu-Ilmu Hayati*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ekawati, R. (2015). Kajian Ontologi Teori Big Bang dalam Penciptaan Alam Semesta. *Jurnal Adiwida*, hal. 41-50.
- Giancoli, D. C. (2008). *Fisika Edisi Kelima Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

- Departemen Pendidikan Indonesia. (2008). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Gramedia.
- Iqbal, A. M. (2015). *Pemikiran Pendidikan Islam*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Jazmi, K. A., & Zawawi, N. A. (2013). *Sains Asas, Fisik, Kimia & Geografi dari Perspektif Al-Quran*. Johor Baru: UTM Press.
- JavanLabs. 2015. tafsirQ. <https://:tafsirq.com/>. Diakses pada 3 November 2017 Pukul 20.30
- KEMENAG. (2012). *Penciptaan Jagat Raya*. Jakarta: Kementrian Agama RI.
- Khamdani, S. L., & Purwanto, J. (2013). *Daily Physics*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.
- Murtono. (2008). Konsep Cahaya dalam Al-Qur'an dan Sains. *Jurnal Karunia*, 147-158.
- Mughits, A. (2014). Problematika Jadwal Waktu Salat Subuh di Indonesia. *Jurnal Ilmu Syari'ah dan Hukum*, 468-487.

- Purwanto, A. (2007). *Ayat-Ayat Semesta*. Surabaya: Mizan.
- Purwanto, A. (2011). *Nalar Ayat-Ayat Semesta*. Surabaya: Mizan.
- Susilayati, M. (2015). *Ensiklopedia Sains "Mengenal Cahaya Langit & Bumi"*. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta.
- Thayyarah, N. (2013). *Sains dalam Al Qur-an*. Jakarta: Zaman.
- Ummah, Nafisatul & Okimustava. (2018). *Optika untuk SMA Kelas XI*. Yogyakarta: KMedia.
- Utari, D. (2013). Studi Analisis Awal Waktu Shalat Shubuh (Kajian atas Relevansi Nilai Ketinggian Matahari terhadap Kemunculan Fajar Shadiq). *Jurnal Studi Hukum Islam*.
- Yahya, H. (2004). *Al Quran dan Sains*. Bandung: Dzikra.
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2004). *Fisika Universitas*. Jakarta: Erlangga.

INDEKS

- Antariksa 19
Astronomi 32
Atmosfer 24
Bimasakti 58
Bintang 58
Bulan 69
Bumi 70
Cahaya 2
Cermin 90
Energi 91
Fajar 22
Fatamorgana 117
Fotografi 135
Fotosintesis 67
Frekuensi 83
Galaksi 54
Gelap 58
Gerhana 73
Gravitasi 54
Intensitas 11
Interferensi 87
Lensa 91
Malam 10
Matahari 10
Meteor 17
Monokromatis 115
Orbit 10
Pemantulan 90
Pembiasan 110
Polikromatis 115
Radiasi 117
Rasi 17
Rotasi 10
Senja 12
Siang 12
Sinar 13
Spektrum 37
Terang 10

“Dia-lah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya manzilah-manzilah (tempat-tempat) bagi perjalanan bulan itu, supaya kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui.” (QS. Yunus: 5)

Cahaya tidak sama dengan sinar. Cahaya adalah gelombang yang memindahkan tenaga tanpa perambatan massa, seperti halnya bunyi. Sedangkan sinar merupakan sesuatu yang terpancar dari sumber cahaya. Al-Qur’an menyebut kata cahaya sebanyak 43 kali, bahkan digunakan sebagai nama sebuah surat yaitu surat An-Nuur. Makna cahaya di dalam Al-Qur’an akan dibahas di dalam buku Ensiklopedia Cahaya yang berada di tangan pembaca. Di dalam buku ini akan dijelaskan pula perbedaan antara cahaya dan sinar dalam perspektif ilmiah maupun Al-Qur’an.



Program Studi Pendidikan Fisika
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Ahmad Dahlan