

Kala Bintang Kejora Melintas **Sang Surya**

Eko Hadi G | Erni Latifah W | Muh. Ma'rufin Sudibyo

Kala Bintang Kejora Melintas Sang Surya

Sanksi Pelanggaran Pasal 72
Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002
Tentang Hak Cipta

1. Barangsiapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 Ayat (1) atau Pasal 49 Ayat (1) dan Ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta atau hak terkait sebagai dimaksud pada Ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KALA BINTANG KEJORA MELINTAS SANG SURYA

Transit Venus 2012

Eko Hadi Gunawan

Erni Latifah Wulandari

Muh. Ma'rufin Sudibyo



Penerbit Kafe Astronomi.com Publisher

Yogyakarta, 2012

Kala Bintang Kejora Melintas Sang Surya

Transit Venus 2012

Eko Hadi Gunawan

Erni Latifah Wulandari

Muh. Ma'rufin Sudibyo

Copyright © 2012 by Kafe Astronomi.com

All right reserved

Diterbitkan pertama kali oleh Kafe Astronomi.com Publisher

Jl. Afandi (d/h. Jl. Gejayan) Soropadan RT 02 RW 36

Yogyakarta 55281

Perwajahan : Eko Hadi Gunawan

Hak cipta Dilindungi Undang–Undang

Dilarang mengutip atau memperbanyak

seluruh atau sebagian isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit

KATA PENGANTAR

Adakah peristiwa yang hanya terjadi sekali saja sepanjang hayat kita? Jawabannya pasti beraneka ragam. Namun dalam perspektif astronomi, memang hanya ada satu peristiwa langit seperti itu karena amat jarang kejadiannya meskipun merupakan peristiwa reguler atau terjadwal. Dialah Transit Venus, yakni peristiwa tepat segarisnya Matahari, Venus dan Bumi dalam segala arah sehingga kita di Bumi akan menyaksikan Venus tepat berimpit dengan Matahari. Konfigurasi ini sekilas mengingatkan kita pada peristiwa langit lainnya, yakni Gerhana Matahari. Tetapi, meskipun ukuran Venus lebih besar ketimbang Bulan, jaraknya lebih jauh sehingga kenampakan Transit Venus amat berbeda dibanding Gerhana Matahari. Dalam Transit Venus kita hanya akan menyaksikan bundaran kecil hitam seakan-akan menyeberangi cakram Matahari yang penuh gelora.

Dalam satu abad yang sama hanya bisa terjadi sepasang transit Venus, meski tidak setiap abad menjumpai peristiwa ini. Transit Venus terakhir sebelum abad ke-21 TU terjadi di abad ke-18 TU tepatnya pada Transit Venus 1874 dan Transit Venus 1882. Sementara Transit Venus di abad ke-21 TU adalah Transit Venus 2004 dan Transit Venus 2012. Dengan demikian terdapat selisih waktu 121,5 tahun bagi Transit Venus dari abad ke abad, yang membuat Transit Venus tidak terjadi sepanjang abad ke-20 TU. Pasca 2012 TU, Transit Venus baru akan terjadi kembali pada 2117 TU mendatang, sehingga Transit Venus 2012 menjadi kesempatan terakhir sepanjang hayat kita untuk menjumpai peristiwa langit ini. Karena langkanya, sambutan terhadap Transit Venus pun berbeda dibandingkan peristiwa langit lainnya. Di mancanegara sambutan terhadap Transit Venus 2012 demikian gegap gempita dan telah dipersiapkan sejak jauh-jauh hari bahkan sebelum waktu mulai menjejak angka tahun 2012 TU.

Buku ini dipersembahkan Jogja Astro Club dalam rangka menyongsong Transit Venus 2012 khususnya dari kawasan Indonesia. Beragam aspek terkait Venus, Transit Venus dan cara pengamatannya disajikan di sini dalam bahasa yang singkat, sederhana dan mudah dipahami, ditunjang dengan gambar-gambar memukau sebagai pendukung. Tersaji pula uraian tentang Gerhana Matahari dan Gerhana Bulan sepanjang tahun 2012 yang semuanya bisa disaksikan dari Indonesia.

Ucapan terima kasih tim penulis haturkan kepada segenap pihak yang telah menyediakan informasi, berdiskusi dan membantu penulisan buku ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Tak lupa pula kepada segenap pihak atas dukungan dan pengertiannya selama kerja keras melaksanakan penulisan ini yang sedikit mengubah ritme kami. Dan pada akhirnya, Alhamdulillah, puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala nikmat, karunia, hidayah dan inayah yang dilimpahkan-Nya sehingga penulisan buku ini bisa diselesaikan. Semoga buku ini bermanfaat bagi segenap pihak.

Kaki Merapi, Maret 2012.

Tim Penyusun

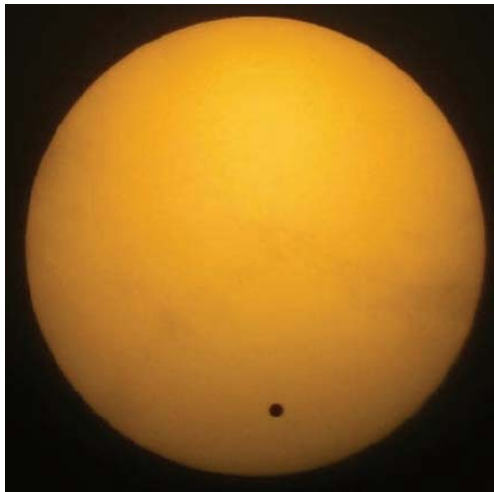
DAFTAR ISI

Pengantar	vii
Daftar Isi	viii
 Bab 1 : Transit Venus 2012, Takkan Terulang Sepanjang Hayat	
1. Transit Venus 2012, Sebuah Penjelasan Singkat.....	1
2. Kawasan yang Dilintasi Transit Venus.....	4
3. Mengapa Transit Venus Penting Bagi Kita?.....	7
4. Transit Venus 2012 dan Isu Kiamat	11
 Bab 2 : Venus	
1. Mengenal Sang Bintang Kejora.....	13
2. Sejarah Venus	14
3. Karakteristik Venus	17
4. Vulkanisme dan Tektonisme Venus	20
5. Tempat Terpanas di Tata Surya	23
 Bab 3 : Transit Venus	
1. Transit atau Gerhana Planet.....	26
2. Karakter Transit Venus	28
3. Transit Venus dan Pemahaman Tata Surya Kita	30
4. Transit Venus dan Pencarian Planet–Planet di Luar Tata Surya Kita	32
5. Transit Venus dalam Sejarah	34
6. Indonesia dan Transit Venus, Kisah Johann Mauritz Mohr	35
7. Transit Venus dalam 1.000 Tahun Mendatang	38
 Bab 4 : Panduan Pengamatan Transit Venus 2012	
1. Jangan Mengamati Secara Langsung !	39
2. Cara Aman Pengamatan Transit Venus	41
3. Pengamatan Mata Telanjang dengan Kacamata Matahari.....	42
4. Pengamatan Mata Telanjang dengan Proyeksi Lubang Jarum (<i>Pinhole</i>)	44
5. Pengamatan Binokuler dengan Teknik Proyeksi	45
6. Pengamatan Teleskopik dengan Teknik Proyeksi	47
7. Pengamatan Teleskopik dengan Teknik <i>Sun Gun</i>	48
8. Pengamatan Teleskopik dengan Filter Matahari	50
9. Mengabadikan Transit Venus dalam Foto dan Video	51
10. JOTPI (Jaringan Observasi Transit Planet Indonesia).....	54
 Bab 5 : Tambahan : Gerhana Matahari dan Bulan 2012 (Yang Bisa Disaksikan dari Indonesia)	
1. Gerhana Matahari 21 Mei 2012	55
2. Gerhana Bulan 4 Juni 2012.....	56
3. Gerhana Matahari 14 November 2012.....	57
4. Gerhana Bulan 28 November 2012	59
 Daftar Pustaka.....	
Para Penulis.....	60
	61

1. Transit Venus 2012, Sebuah Penjelasan Singkat

Tandai hari Rabu tanggal 6 Juni 2012 TU¹ dalam kalender anda. Inilah saat terjadinya peristiwa langit teramat langka bagi manusia. Demikian langkanya sehingga tidak akan terulang lagi dalam seabad (100 tahun) mendatang. Peristiwa tersebut adalah transit Venus.

Transit Venus adalah peristiwa tepat sejajarnya Matahari, Venus dan Bumi dalam satu garis lurus ditinjau dari semua arah dengan Venus tepat di tengah–tengah. Konfigurasi ini sekilas mengingatkan kita pada Gerhana Matahari, dimana posisi Venus digantikan oleh Bulan. Tetapi, meskipun diameter Bulan 3,5 lebih kecil dari Venus, Bulan pada saat Gerhana Matahari 108 kali lebih dekat ke Bumi dibanding Venus pada



Gambar 1.1.
 Venus (bundaran hitam kecil) melintas di latar
 depan cakram Matahari dalam Transit Venus
 2004.

Sumber : Morison, 2008.

saat transit Venus. Konsekuensinya kita di Bumi menyaksikan Bulan seakan–akan 27 kali lebih besar dibanding Venus, dimana diameter nampak (*apparent diameter*) rata–rata Bulan adalah 30 menit busur sementara Venus hanyalah 0,9 menit busur².

Maka, meskipun konfigurasinya serupa kenampakan transit Venus amat berbeda dengan Gerhana Matahari. Pada Gerhana Matahari, karena Bulan mengedari Bumi dalam orbit lonjong (ellips) dapat terjadi situasi dimana gerhana terjadi tatkala Bulan menempati titik terdekat ke Bumi, sehingga diameter nampak Bulan sama atau sedikit lebih besar dibanding Matahari. Kita melihatnya sebagai Gerhana Matahari Total. Sementara jika gerhana terjadi saat Bulan berada pada titik terjauhnya,

diameter nampak Bulan lebih kecil dibanding Matahari dan kita melihatnya sebagai Gerhana Matahari Cincin. Sementara dalam transit Venus, jauhnya jarak Bumi ke

¹ TU adalah singkatan dari Tarikh Umum. Ini merupakan pengindonesiaan dari istilah CE (*Common Era*) yakni nama tarikh bagi kejadian–kejadian sebelum tahun 1 (tahun pertama) kalender Matahari. Dahulu tarikh tersebut dinamakan M (Masehi), pengindonesiaan dari AD (*Anno Domini*). Namun setelah penelitian kontemporer menunjukkan Isa al–Masih tidak dilahirkan tepat tahun 1, melainkan 4 atau 5 tahun sebelumnya, maka penamaan tarikh M menjadi tidak tepat lagi sehingga digantikan TU dalam versi Indonesianya. Penggunaan tarikh ini pertama kali disarankan Prof. dr. Teuku Jacob (alm), antropolog yang juga mantan rektor UGM.

² 1 derajat = 60 menit busur = 3.600 detik busur.

Venus menyebabkan diameter nampak Venus 27 hingga 30 kali lebih kecil dibanding Matahari. Akibatnya yang terlihat hanyalah bundaran kecil hitam melintas di depan cakram Matahari yang besar.

Kekerapan transit Venus pun sangat berbeda dibanding Gerhana Matahari. Dalam setahun dapat terjadi dua hingga tiga kali Gerhana Matahari. Sedangkan transit Venus hanya terjadi dua kali saja selama seabad. Untuk abad ke-21 kali ini transit Venus hanya terjadi pada 8 Juni 2004 TU dan 6 Juni 2012 TU. Keduanya memang hanya berselang 8 tahun karena merupakan satu pasangan transit. Namun sebelum 2004 TU, transit Venus sebelumnya berlangsung pada 6 Desember 1882 TU sehingga berselisih 121,5 tahun. Jarangnya frekuensi transit Venus disebabkan oleh resonansi orbital³ Bumi dengan Venus yang bernilai 8 : 13 dan 243 : 395. Situasi ini membuat tiap kali Bumi tepat 8 kali mengelilingi Matahari maka Venus telah tepat 13 kali mengelilingi Matahari. Disini hasil $8 \times 365,25$ (periode revolusi Bumi) setara dengan $13 \times 224,7$ (periode revolusi Venus). Demikian juga setiap kali Bumi tepat 243 kali mengelilingi Matahari maka Venus telah tepat 395 kali mengelilingi Matahari. Di sini juga hasil $243 \times 365,25$ setara dengan $395 \times 224,7$.



Gambar 1.2.

Konfigurasi posisi Matahari (*Sun*), Venus dan Bumi (*Earth*) dalam transit Venus, dilihat sangat tinggi dari atas kutub utara Matahari. Garis putus-putus adalah garis syzygy Matahari-Bumi.

Sumber : Sudibyo, 2012 berdasarkan *Starry Night*.

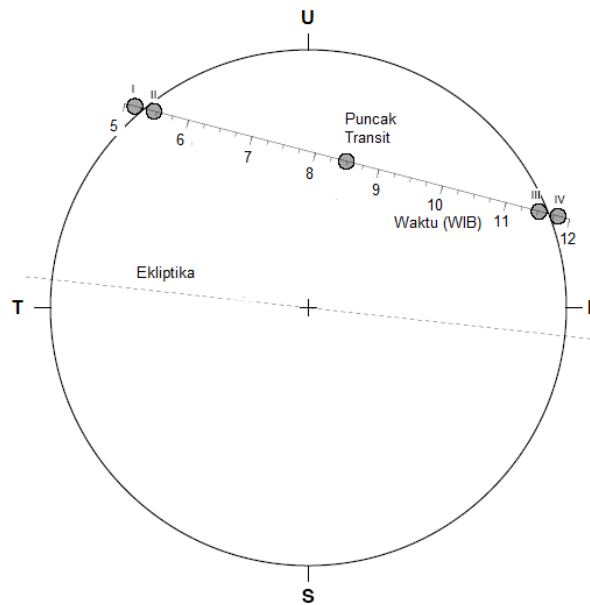
Situasi yang menyertai transit Venus pun berbeda dibanding Gerhana Matahari. Dalam Gerhana Matahari Cincin misalnya, proses penutupan cakram Matahari oleh bundaran Bulan senantiasa diikuti menurunnya pensinaran Matahari yang tiba di Bumi. Penurunan ini mencapai puncaknya pada saat puncak gerhana terjadi. Pada Gerhana Matahari Cincin 26 Januari 2009 puncak gerhana ditandai terblokirnya 93 % cakram Matahari oleh Bulan. Ini membuat pensinaran Matahari pada waktu itu menurun cukup drastis hingga tinggal 7 % dibanding normalnya⁴, situasi yang amat mudah dideteksi dalam pandangan mata kita karena suasana menjadi sedikit remang-remang. Sebaliknya pada transit Venus tidak demikian. Dengan diameter nampak maksimum hanyalah 1 banding 27 terhadap Matahari, maka pada saat puncak transit Venus terjadi hanya 0,03

³ Resonansi orbital : situasi dimana benda langit A yang bersama-sama benda langit B mengedari sebuah benda langit induk (misalnya Matahari) demikian rupa sehingga periode revolusi A adalah kelipatan atau pecahan bilangan bulat sederhana dari periode revolusi B.

⁴ Dalam kondisi tidak terjadi gerhana.

% cakram Matahari yang terblokir bundaran Venus. Akibatnya pensinaran Matahari hanya berkurang 0,03 % saja sehingga tidak bisa dibedakan dengan situasi Matahari sehari-hari. Hanya instrumen elektronik yang amat peka saja yang sanggup mendeteksi perubahan pensinaran akibat transit Venus.

Transit Venus 2012 merupakan bagian dari seri transit ketujuh, dengan ciri-ciri terjadi tatkala Matahari menempati deklinasi⁵ di sekitar +22 derajat dan *right ascension*⁶ di sekitar 5 jam. Tepatnya, puncak transit Venus 2012 terjadi tatkala Matahari terletak pada deklinasi +22 derajat 40 menit dan *right ascension* 4 jam 58 menit. Pada saat itu Matahari berkedudukan di konstelasi bintang Taurus. Transit Venus 2012 berlangsung kala jarak Bumi dan Venus sebesar 43,3 juta km. Pada saat itu Venus hanya akan terlihat sebagai bundaran sangat kecil sebesar 0,97 menit busur ($0,016^\circ$) saja. Tahap-tahap transit Venus 2012 adalah sebagai berikut :



Gambar 1.3.
Skema tahap-tahap transit Venus 2012.
Sumber : NASA, 2011.

Tabel 1 : Situasi Transit Venus 2012 dalam zona waktu Indonesia

Tahap ⁷	Sudut Posisi ⁸ (derajat)	Waktu		
		WIB	WITA	WIT
Kontak I	41	05:09:38	06:09:38	07:09:38
Kontak II	38	05:27:34	06:27:34	07:27:34
Puncak	345	08:29:36	09:29:36	10:29:36
Kontak III	293	11:31:39	12:31:39	13:31:39
Kontak IV	290	11:49:35	12:49:35	13:49:35

Perlu diperhatikan angka-angka waktu kontak dalam Tabel 1 diperhitungkan secara geosentrik, yakni dengan menganggap pengamat berada di pusat Bumi. Karena senyatanya manusia berada di permukaan Bumi, maka perhitungannya seharusnya

⁵ Deklinasi : garis-garis khayal yang identik dengan garis lintang pada bola langit.

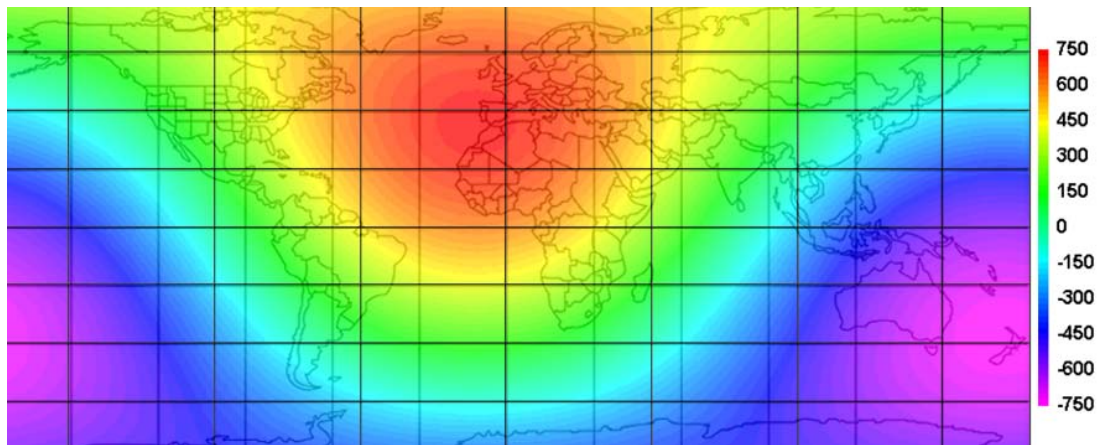
⁶ *Right ascension* : garis-garis khayal yang identik dengan garis bujur pada bola langit.

⁷ Tentang tahap-tahap transit Venus dijelaskan dalam Bab 3.

⁸ Sudut posisi : disini maksudnya posisi pusat cakram Venus terhadap pusat cakram Matahari dalam arah mataangin (azimuth). Aturannya, 0 atau 360 = utara, 90 = timur, 180 = selatan dan 270 = barat.

toposentrik. Selisih antara perhitungan geosentrik dan toposentrik bisa mencapai 12 menit. Bagi Indonesia, selisih durasi dalam transit Venus 2012 bernilai antara 0 di bagian barat hingga minus 10 menit di bagian timur.

Dengan demikian transit Venus 2012 ini memiliki durasi cukup panjang yakni 6 jam 39 menit 57 detik. Jarak pisah antara pusat cakram Venus dengan pusat cakram Matahari pada transit Venus 2012 tergolong terpendek sepanjang lima abad terakhir, yakni 554,4 detik busur (9,24 menit busur). Pada transit Venus 2004, jarak pisah itu masih 626,9 detik busur (10,45 menit busur). Semakin pendek jarak pisah tersebut, maka semakin panjang durasi transit Venusnya. Karena semakin pendek jarak pisahnya maka semakin dekat Venus terhadap pusat cakram Matahari pada saat puncak transitnya.



Gambar 1.4.

Distribusi selisih durasi transit Venus 2012 antara perhitungan geosentrik dengan toposentrik. Skala warna (kanan) dalam satuan detik. Nampak selisih terbesar berada di kawasan Eropa dan Selandia Baru.

Sedangkan bagi Indonesia, selisih tersebut bernilai antara 0 (untuk Sabang dan sekitarnya) hingga -600 detik (untuk Merauke dan sekitarnya).

Sumber : Mignard, 2004.

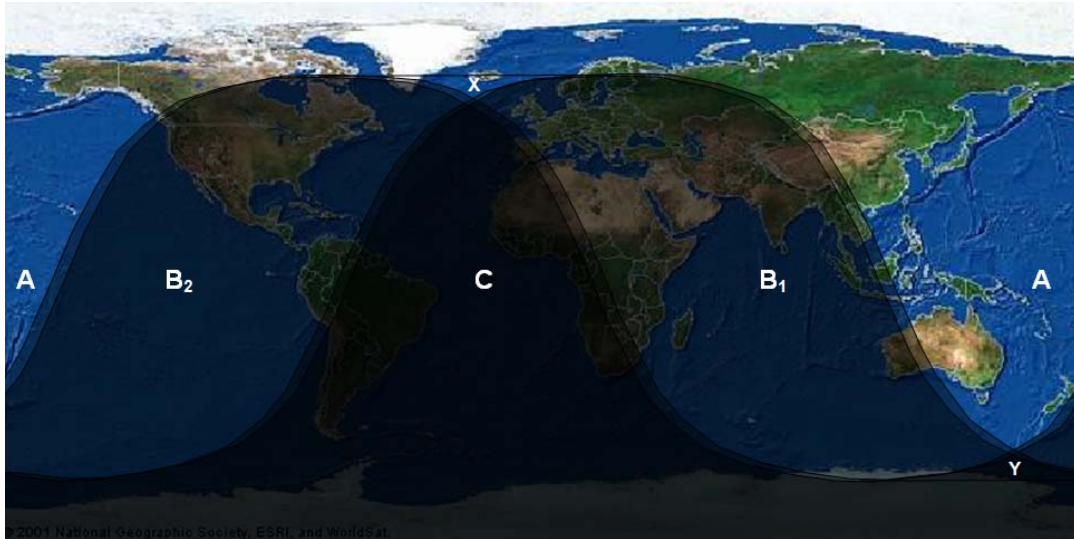
Transit Venus 2012 terjadi tatkala Matahari sedang menuju garis balik utara⁹ (*tropic of cancer*) dan hanya 15 hari sebelum menempati titik balik musim panas¹⁰ (*winter solstice*). Pada keadaan tersebut, udara Indonesia umumnya didominasi oleh angin muson tenggara yang berhembus dari benua Australia menuju Asia. Angin muson ini bersifat kering sehingga kandungan uap air dalam udara Indonesia relatif lebih rendah. Sehingga di Indonesia umumnya sedang mengalami kondisi musim kemarau. Situasi ini menyebabkan langit dalam keadaan lebih cerah (memiliki tutupan awan lebih sedikit) sehingga transit Venus 2012 diprediksikan dapat teramati dengan baik dari Indonesia.

2. Kawasan yang Mampu Menyaksikan Transit Venus 2012

⁹ Garis balik utara : garis lintang paling utara yang bisa dijangkau Matahari dalam gerak semu tahunan, yakni garis 23,5 LU.

¹⁰ Titik balik musim panas : titik paling utara yang bisa dijangkau Matahari dalam gerak semu tahunan. Setelah mencapai titik ini, Matahari secara perlahan beringsut ke selatan menuju khatulistiwa. Titik ini terletak di atas garis balik utara pada deklinasi +23,5 derajat dan right ascension 6 jam. Pada saat Matahari mencapai titik ini, musim panas di belahan Bumi utara mencapai puncaknya.

Sebagian besar permukaan Bumi akan bisa melihat transit Venus 2012, meliputi seluruh benua Asia dan Australia, sebagian besar benua Eropa dan Afrika serta sebagian benua Amerika. Di Eropa hanya sebagian Spanyol dan Portugal yang tak bisa menyaksikan transit Venus ini. Sementara di Afrika adalah kawasan Afrika utara bagian barat, Afrika tengah bagian barat dan Afrika selatan. Dan di benua Amerika, sebagian besar kawasan Amerika Latin seperti Brazil, Argentina, Peru, Chile dan sekitarnya



Gambar 1.5.

Peta global keterlihatan transit Venus 2012 dengan daerah yang menyaksikan seluruh tahap transit (A), sebagian tahap transit karena Matahari sedang terbit (B_1) atau terbenam (B_2) dan yang tak bisa menyaksikannya sama sekali (C).

Sumber : Sudibyo, 2012 berdasarkan *National Geographic Society*.

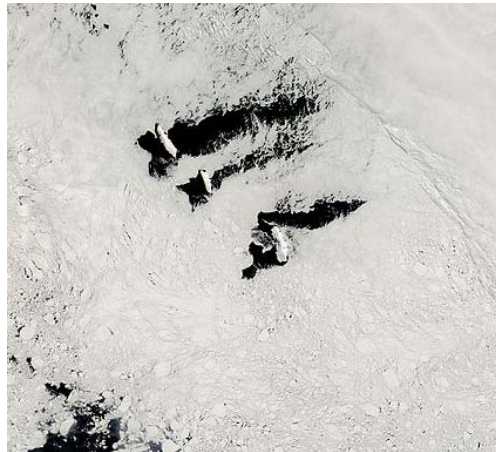
tidak mampu menyaksikan transit Venus. Untuk samudera, sebagian besar Samudera Atlantik tak bisa melihat transit Venus 2012, sebaliknya seluruh kawasan Samudera Hindia dan Pasifik bisa menyaksikannya.

Kawasan yang mampu menyaksikan transit Venus 2012 terbagi menjadi dua kategori. Yang pertama adalah kawasan yang mampu menyaksikannya secara utuh, yakni saat seluruh tahap transit Venus terjadi setelah Matahari terbit dan sebelum Matahari terbenam. Kawasan ini meliputi sebagian Asia, tepatnya seluruh Asia Timur, sebagian Asia Tenggara dan Asia Utara (termasuk Russia). Di luar Asia adalah Selandia Baru, negara-negara Pasifik di sekitar khatulistiwa' hingga Kepulauan Hawaii, sebagian besar Australia dan pulau Hijau (Greenland), Alaska, sebagian Canada dan kutub utara. Kecuali di Hawaii, Alaska, Canada dan pulau Hijau, transit Venus berlangsung pada Rabu 6 Juni 2012 TU. Koordinat 22,683 LU 157,05 BT yang secara geografis terletak di tengah-tengah Samudera Pasifik sejauh 2.230 km sebelah tenggara Tokyo (Jepang) menjadi titik istimewa. Sebab pada titik ini puncak transit Venus bertepatan dengan Matahari di titik zenithnya¹¹.

Yang kedua adalah kawasan yang hanya menyaksikan sebagian transit Venus sebab sebagian tahap transit terjadi kala Matahari belum terbit ataupun sudah terbenam. Kawasan ini terbagi ke dalam dua sub-kawasan, masing-masing sub-kawasan pertama

¹¹ Titik zenith : titik tertinggi dalam bola langit, yakni 90 derajat dihitung dari arah manapun dari kaki langit.

(yang melihat transit Venus saat Matahari terbit pada Rabu 6 Juni 2012) dan sub-kawasan kedua (yang menyaksikan transit Venus saat Matahari terbenam pada Selasa 5 Juni 2012). Sub-kawasan pertama meliputi Eropa, Afrika, sebagian Asia (Asia selatan dan sebagian Asia tenggara) dan sebagian kecil Australia. Sementara sub-kawasan kedua meliputi Amerika dan sebagian kecil pulau Hijau. Terdapat pula dua sub-kawasan istimewa yakni sub-kawasan X dan Y. Sub-kawasan X mencakup Islandia dan perairan di sekitarnya (termasuk sebagian kecil pulau Hijau). Di sini awal transit terjadi sebelum Matahari terbenam Selasa 5 Juni 2012 TU namun akhir transit terjadi setelah Matahari terbit Rabu 6 Juni 2012 TU sementara puncak transit takkan terlihat karena Matahari sudah terbenam. Sub-kawasan Y meliputi kepulauan Balleny yang tak berpenghuni dan perairan sekitarnya di sebelah selatan Australia dan Selandia Baru. Di sini awal transit terjadi sebelum Matahari terbit dan sebaliknya akhir transit terjadi sesudah Matahari terbenam, semuanya pada Rabu 6 Juni 2012 TU. Hanya puncak transit yang bisa terlihat.



Gambar 1.5.

Tiga pulau di gugus Kepulauan Balleny di tengah kepungan lautan es. Inilah bagian sub-kawasan Y dalam Transit Venus 2012.

Sumber : NASA, 2011.

Indonesia menjadi salah satu lokasi istimewa dalam transit Venus 2012 sebab terbagi dalam dua kawasan berbeda, masing-masing kawasan *full* (kawasan yang bisa menyaksikan seluruh tahap transit Venus) dan kawasan *partial* (kawasan yang hanya bisa menyaksikan sebagian tahap transit Venus). Batas antara kawasan *full* dan *partial* adalah kawasan transisi, yakni kawasan yang dibatasi oleh sepasang garis I dan II. Kedua garis tersebut masing-masing adalah garis yang menghubungkan titik-titik dimana tahap I dan tahap II transit Venus terjadi bersamaan dengan terbitnya Matahari. Setiap kawasan mencakup propinsi seperti tercantum dalam tabel berikut ini :

Tabel 2 : Kawasan *full* transit Venus 2012 di Indonesia

No	Propinsi	No	Propinsi
1.	Sulawesi Utara	7.	Nusa Tenggara Timur
2.	Gorontalo	8.	Maluku
3.	Sulawesi Tengah	9.	Maluku Utara
4.	Sulawesi Barat	10.	Papua Barat
5.	Sulawesi Selatan	11.	Papua
6.	Sulawesi Tenggara		

Tabel 3 : Kawasan *partial* transit Venus 2012 di Indonesia

No	Propinsi	No	Propinsi
1.	Aceh	9.	Bengkulu
2.	Sumatera Utara	10.	Lampung
3.	Sumatera Barat	11.	Banten
4.	Riau	12.	DKI Jakarta
5.	Kepulauan Riau	13.	Jawa Barat
6.	Jambi	14.	Jawa Tengah
7.	Sumatera Selatan	15.	DI Yogyakarta
8.	Bangka Belitung	16.	Jawa Timur

Sedangkan enam propinsi lainnya yakni seluruh propinsi di Kalimantan (Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan dan Kalimantan Timur) serta Bali dan Nusa Tenggara Barat dikategorikan sebagai kawasan transisi.

Adanya kawasan *full*, *partial* dan transisi menyebabkan Indonesia menjadi salah satu lokasi terlihatnya transit Venus 2012 yang paling menarik selain Australia, Cina, Russia dan Amerika Serikat. Berbeda dengan negara–negara tersebut, Indonesia terletak di khatulistiwa’ dan berpotensi besar untuk memiliki langit lebih cerah dengan sedikit tutupan awan karena berada dalam musim kemarau. Sehingga potensi terlihatnya transit Venus di Indonesia tergolong paling baik secara kewilayahan. Bila dikombinasikan dengan keelokan alam Indonesia, peristiwa transit Venus 2012 merupakan salah satu momen langka dan bersejarah untuk meningkatkan kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia. Mengingat, seperti halnya turis gerhana yang gemar mencari titik–titik dengan potensi keterlihatan Gerhana Matahari yang terbaik, transit Venus pun memiliki fenomena turis transit.



Gambar 1.7.

Peta global keterlihatan transit Venus 2012 untuk Indonesia. Kawasan *full* terletak di sebelah kanan (sebelah timur) garis I sementara kawasan *partial* di sebelah kiri (sebelah barat) garis II .

Sumber : Sudibyo, 2012.

3. Mengapa Transit Venus Penting Bagi Kita ?

Seberapa penting transit Venus 2012 ini bagi kita ?

Transit Venus 2012 merupakan peristiwa langit yang teramat jarang kita jumpai. Pasca transit Venus 2012, kita harus menunggu lagi hingga 105,5 tahun kemudian tepatnya pada peristiwa transit Venus 2117 pada 11 Desember 2117 TU pukul 06:58 hingga 12:38 WIB. Jelas bahwa dengan umur rata-rata manusia modern, belum tentu satu generasi manusia akan bersua dengan peristiwa transit Venus. Ini sangat berbeda dibanding Gerhana Matahari, yang dalam setahun saja bisa terjadi 2 hingga 3 kali sehingga tergolong peristiwa langit reguler. Bagi Indonesia saja, transit Venus terakhir sebelum abad ke-21 TU adalah transit Venus 1882 yang berlangsung pada 6 Desember 1882 TU. Selama kurun waktu 1882 TU hingga 2004 TU, belasan generasi manusia Indonesia tumbuh dan berkembang. Pentas sejarah Indonesia pun bergulir demikian cepat dari semula tanah jajahan Belanda di seberang lautan yang dinamakan Hindia Belanda menjadi negara Republik Indonesia yang merdeka dan berdaulat serta diperhitungkan dalam pentas peradaban modern.



Gambar 1.8.

Ibn Sina.

Sumber : Anonim, 2011.

Pentingnya transit Venus dapat dilihat juga dari jaranganya kekerapan peristiwa ini. Sejak manusia mengembangkan teleskop untuk mengamati langit dalam lima ratus tahun terakhir, tepatnya sejak astronom Galileo Galilei menggunakan teleskop panggung untuk mengamati Bulan pada 1610 TU, hanya terjadi tujuh peristiwa transit Venus, yakni :

Tabel 4 : Transit Venus sejak 1610 TU

No	Nama	Tanggal ¹²	Kontak I ¹³	Kontak IV ¹³
1.	Transit Venus 1631	7 Desember 1631 TU	10:40	14:01
2.	Transit Venus 1639	5 Desember 1639 TU	21:56	04:57
3.	Transit Venus 1761	6 Juni 1761 TU	09:00	15:39
4.	Transit Venus 1769	4 Juni 1769 TU	02:13	08:38
5.	Transit Venus 1874	9 Desember 1874 TU	08:42	13:32
6.	Transit Venus 1882	7 Desember 1882 TU	20:54	03:18
7.	Transit Venus 2004	8 Juni 2004 TU	12:12	18:30

Dari tujuh transit Venus tersebut, hanya enam yang sempat diamati manusia. Transit Venus 1631 lolos dari pengamatan karena kesalahan prediksi seiring belum matangnya pengetahuan akan profil orbit Venus yang mendetail. Terhitung dari mulai diketahuinya fenomena transit Venus oleh manusia, tepatnya sejak pengamatan transit Venus yang

¹² Tanggal dinyatakan berdasarkan terjadinya puncak transit.

¹³ Waktu kontak dinyatakan dalam WIB.

pertama kali oleh astronom ibn Sina (Persia) pada tanggal 24 Mei 1032 TU menjelang Matahari terbenam, hanya delapan transit Venus yang sempat diamati manusia. Selain enam seperti tersebut dalam tabel 5 di atas, dua lainnya adalah hasil pengamatan ibn Sina dan sebuah pengamatan Andalusia (Spanyol) pada 1153 TU, tepatnya tanggal 24 November 1153 TU pukul 00:03 hingga 07:50 WIB yang baru dipublikasikan dalam catatan astronom ash-Shirazi dua abad kemudian.



Gambar 1.9.

Menara Syahbandar pelabuhan Sunda Kelapa (Jakarta). Di dekat tempat inilah pengamatan Transit Venus 1761 dilakukan.

Sumber : Wikipedia, 2012.

Bagi Indonesia, dari delapan peristiwa transit Venus yang teramati manusia tersebut, hanya tiga yang sempat diamati dari Indonesia. Dua yang pertama berlangsung di masa Hindia Belanda, yakni transit Venus 1761 dan transit Venus 1769, yang dilaksanakan oleh Johann Mauritz Mohr. Sedangkan satunya lagi baru terjadi pada transit Venus 2004 yang dilaksanakan oleh para astronom dari observatorium Bosscha (Bandung), planetarium Jakarta (Jakarta), Yogyakarta dan sejumlah titik pengamatan lainnya. Tidak ada catatan sejarah yang menyatakan berlangsungnya pengamatan transit Venus 1874 dan transit Venus 1882 sehingga terdapat “kekosongan” lebih dari dua abad.

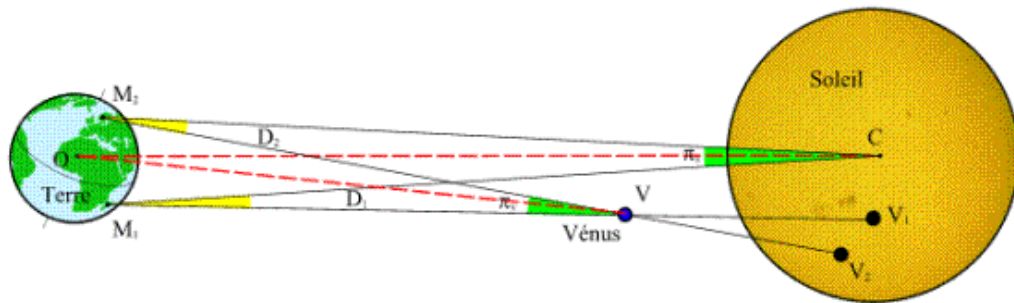
Dalam konteks pribadi, dengan amat jaranganya kekerapan transit Venus maka pengamatan transit Venus khususnya transit Venus 2012 menjadi suatu pengalaman yang hanya

berlangsung sekali sepanjang hayat dikandung badan.

Di sisi lain, transit Venus sejatinya merupakan peristiwa langit yang relatif mudah diamati. Dengan diameter nampak Venus adalah 1 banding 27 terhadap diameter nampak Matahari, maka melintasnya bundaran Venus di depan cakram Matahari cukup mudah diamati. Tentu saja diperlukan teknik khusus mengingat pengamatan Matahari amat berbeda dibandingkan dengan mengamati benda langit lainnya. Pengamatan transit Venus harus dilaksanakan dengan memblokir sebanyak mungkin penyinaran Matahari yang masuk ke mata kita. Selain agar tidak menyilaukan, pemblokiran tersebut juga bertujuan menyerap sebanyak mungkin sinar ultraviolet yang berpotensi bahaya bagi mata kita. Sebab terlalu banyak sinar ultraviolet yang masuk ke dalam mata akan merusak sel-sel retina sehingga kita bisa mengalami kebutaan total dan permanen. Teknik sederhana pengamatan transit Venus misalnya dengan kaca mata Matahari yang dapat dibuat sendiri dengan mudah¹⁴.

¹⁴ Dijelaskan dalam Bab 4.

Bagi dunia ilmu pengetahuan, transit Venus sarat dengan nilai historis dan fungsi edukatif. Misalnya guna penentuan jarak sebenarnya antara Bumi dan Matahari. Penentuan tersebut dapat dilaksanakan dengan mengukur besarnya nilai paralaks Matahari¹⁵. Paralaks Matahari dapat diukur dengan sangat teliti saat peristiwa transit Venus jika transit diamati dari dua tempat yang berbeda, keduanya berselisih jarak cukup besar dan terdapat catatan tahap–tahap transit Venus (khususnya tahap I dan II



Gambar 1.10.

Skema pengukuran jarak Bumi (*Terre*) dan Matahari (*Soleil*) menggunakan transit Venus. Pengamatan simultan dari titik M1 dan M2 akan menghasilkan paralaks Venus (sudut V) yang bisa digunakan untuk menentukan paralaks Matahari (sudut C).

Sumber : Rocher, t.t.

serta tahap III dan IV). Selisih durasi perjalanan Venus menyeberangi cakram Matahari (yakni waktu kontak III dikurangi waktu kontak II) di antara dua tempat tersebut berperan dalam menentukan nilai paralaks Matahari, tentunya setelah dikombinasikan dengan perhitungan berdasarkan hukum Kepler III¹⁶.

Dalam sejarahnya sebelum berlangsung pengukuran transit Venus, jarak Bumi–Matahari tidak pernah diukur dengan sangat teliti. Di masa Aristarchus 24 abad silam misalnya, jarak Bumi–Matahari diperhitungkan hanya 2,96 juta km (7,8 kali jarak Bumi–Bulan). Sementara di masa Ptolomeus perhitungan jarak tersebut menjadi 7,97 juta km (21 kali jarak Bumi–Bulan). Setelah pengamatan transit Venus dilakukan (khususnya dalam transit Venus 1761, 1769, 1874 dan 1882) barulah jarak sesungguhnya antara Bumi dan Matahari diketahui, yakni 149,59 juta km. Selain membuat kita lebih memahami struktur dan skala tata surya tempat tinggal kita, keberhasilan penentuan jarak Bumi–Matahari yang akurat juga berimplikasi pada penentuan massa Matahari yang lebih tepat, sebagai landasan untuk mempelajari dinamika kehidupan bintang–bintang di jagat raya. Kini kita mengetahui massa Matahari adalah 2,7 kali lipat lebih besar dibanding yang diperhitungkan pada masa Newton¹⁷ dan Cavendish¹⁸.

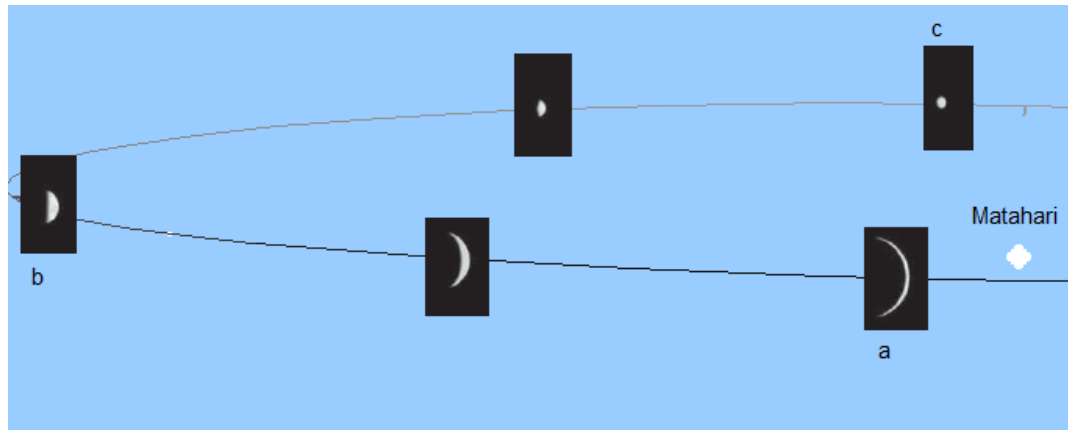
¹⁵ Paralaks Matahari : beda lihat posisi Matahari oleh pengamat di Bumi yang berkedudukan di pusat (inti) Bumi dan di permukaan Bumi.

¹⁶ Hukum Kepler III : hukum alam mengenai pergerakan planet–planet dan anggota tata surya lainnya yang menyatakan kuadrat periode revolusinya sama dengan pangkat tiga jarak rata–ratanya ke Matahari.

¹⁷ Sir Isaac Newton adalah ilmuwan yang merumuskan dasar–dasar mekanika klasik yang menjadi pondamen ilmu pengetahuan hingga awal abad ke–20. Ia juga yang merumuskan hukum gravitasi sebagai turunan dari gerak melingkar (sentripetal) sebuah benda.

¹⁸ Sir Henry Cavendish adalah ilmuwan yang hidup setelah masa Newton dan orang pertama yang menentukan nilai konstanta G dalam hukum gravitasi yang dirumuskan Newton. Sehingga massa Bumi

Transit Venus juga menjadi bagian dari peneguhan model heliosentrik¹⁹. Pengamatan berkesinambungan terhadap fase Venus dari waktu ke waktu yang dikombinasikan dengan hasil pengamatan transit Venus memperlihatkan planet tersebut memang beredar mengelilingi Matahari. Pun demikian dengan planet lainnya yang juga memiliki fenomena transit, yakni Merkurius. Fakta bahwa massa Matahari jauh lebih besar dibanding Bumi serta Merkurius dan Venus beredar mengelilingi Matahari menyajikan fakta bahwa Bumi pun turut beredar mengelilingi Matahari. Meski bagi kita



Gambar 1.11.

Plotting fase-fase Venus terhadap orbitnya, mulai dari Venus sabit (a), separo (b) hingga purnama (c). Perubahan diameter nampak Venus dan perubahan fasenya menjadi peneguhan bahwa Venus (demikian juga planet lainnya) beredar mengelilingi Matahari.

Sumber : Sudibyo, 2012 berdasarkan *Starry Night* dan Morison, 2008..

di Bumi, peredaran tersebut dikombinasikan dengan gerak rotasi Bumi menyebabkan seakan-akan Matahari yang mengelilingi Bumi.

4. Transit Venus 2012 dan Isu Kiamat

Transit Venus 2012 berlangsung pada tahun 2012 TU yang didesas-desuskan sebagai sebagai tahun kiamat. Adakah hubungan antara peristiwa transit Venus dengan isu Kiamat 2012 ?

Kiamat 2012 dinisbatkan sebagai bagian dari ramalan bangsa Maya, suatu bangsa di Amerika Selatan yang dikenal cukup maju pada zamannya, yang ditandai didirikannya ratusan bangunan suci (kuil) berbentuk piramida dan kota-kota kompleks yang sibuk. Selain sebagai bangunan pemujaan dalam kepercayaan mereka, kuil berbentuk piramida juga berfungsi sebagai observatorium purbakala guna mengamati langit. Bangsa Maya terkenal amat terpesona terhadap Venus, yang mereka sebut sebagai *Noh Ek* dan *Xux Ek* dan didewakan sebagai *Kukulkan* atau *Gukumatz* atau *Quetzalcoatl*. Siklus terbitnya Venus di pagi hari yang berjumlah 260 hari pun dijadikan dasar bagi salah satu kalender Maya. Salah satu tujuan pembuatan kalender tersebut

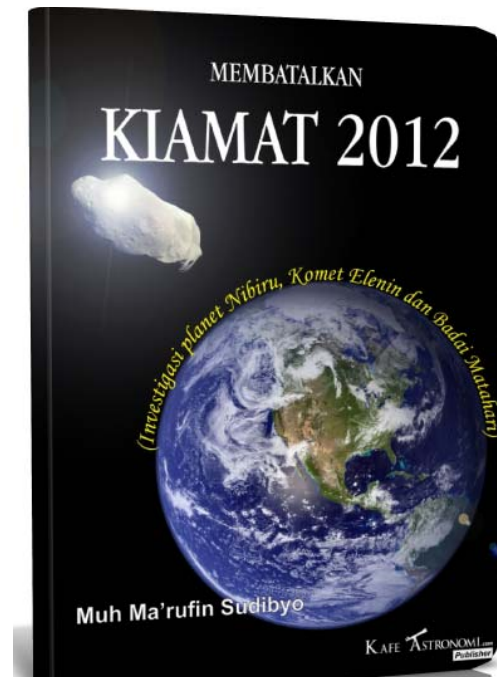
dapat ditentukan berdasarkan peredaran Bulan. Karena itu Cavendish sering disebut orang yang pertama kali “menimbang” Bumi.

¹⁹ Model heliosentrik : model tata surya yang menyatakan Matahari sebagai pusat tata surya sehingga anggota-anggota tata surya (termasuk Bumi) bergerak mengedari Matahari. Pertama kali dirumuskan oleh Nicholas Copernicus.

adalah untuk menopang kebutuhan-kebutuhan religius bangsa Maya, selain sebagai bagian dari peramalan nasib dan masa depan. Siklus terbitnya Venus menjadi satu dari 20 jenis kalender bangsa Maya yang panjangnya amat beragam, mulai dari 260 hari (yang terpendek) hingga 5.125 tahun 132 hari (yang terpanjang). Kalender yang terpanjang dikenal sebagai *Winaq May Kin*. Dan kepada *Winaq May Kin*—lah, yang akan berakhir pada Desember 2012 TU kelak, isu Kiamat 2012 dilekatkan.

Meski Venus menempati posisi amat penting dalam peradaban Maya, namun tidak ada bukti yang menunjukkan bangsa Maya mengenal fenomena transit Venus. Hal ini dimungkinkan terjadi karena pengamatan Matahari membutuhkan alat bantu untuk mengatasi silaunya sinar Matahari. Alat bantu itu baru dikenal di lingkungan masyarakat Timur Tengah dan Mediterania pada awal abad ke-11 TU sebagai kamera *obscura* (kamera lubang jarum). Inilah yang memungkinkan astronom ibn Sina mengamati transit Venus untuk pertama kalinya di tahun 1032 TU.

Isu Kiamat 2012 lebih dilekatkan kepada peristiwa-peristiwa langit dan bumi yang dianggap akan berujung pada malapetaka luar biasa di akhir 2012 TU kelak. Tak satupun peristiwa langit tersebut yang dilekatkan kepada planet Venus. Dari sisi astronomi, tidak ada satu peristiwa langit pun yang berhubungan dengan Kiamat 2012, seperti diulas panjang lebar dalam “*Membantah Kiamat 2012, Investigasi Planet Nibiru, Komet Elenin dan Badai Matahari*”²⁰. Maka Kiamat 2012 sebenarnya tidak memiliki dasar ilmu pengetahuan sama sekali, meskipun dalam publikasinya selama ini seolah-olah berlandaskan pada ilmu pengetahuan, terutama dengan sikapnya mencomot hasil-hasil observasi astronomi dari sana-sini.



Gambar 1.12.

Membatalkan Kiamat 2012, serangkaian penjelasan astronomis tentang ketiadaan peristiwa terkait isu kiamat di akhir 2012.

Sumber : Kafe Astronomi.com, 2012.

²⁰ Lihat di Muh. Ma'rufin Sudibyo. 2012. *Membantah Kiamat 2012, Investigasi Planet Nibiru, Komet Elenin dan Badai Matahari*. Penerbit Kafeastronomi.com Publisher, Yogyakarta.

1. Mengenal Sang Bintang Kejora



Gambar 2.1.
Tablet tanah liat *Ammisaduqa*.
Sumber : Wikipedia, 2011.

Venus. Inilah benda langit yang cukup akrab dengan kita. Itu karena Venus menduduki peringkat ketiga dalam daftar benda-benda langit paling terang setelah Matahari dan Bulan. Demikian terangnya Venus sehingga sinarnya mampu menghasilkan bayang-bayang benda di Bumi. Inilah yang membuat Venus menjadi benda langit, selain Bulan, yang pertama terlihat setelah Matahari terbenam. Dan sebaliknya menjadi benda langit yang terakhir menghilang sebelum Matahari terbit. Bahkan dalam situasi tertentu, Venus pun dapat disaksikan di siang bolong. Kombinasi gerak Bumi dan Venus mengelilingi Matahari membuat Venus pada suatu kesempatan dapat terlihat di langit timur jelang fajar sehingga disebut pula bintang fajar. Namun pada kesempatan lainnya Venus muncul di langit barat jelang malam sehingga dinamakan juga bintang senja.

Dengan ciri khas demikian, peradaban manusia telah mengakrabi Venus dalam kurun waktu yang cukup lama. Catatan tertua akan Venus dijumpai

di Mesopotamia, tepatnya pada tablet tanah liat²¹ *Ammisaduqa* dari masa Babilonia, berangka tahun 1581 STU. Saat itu Venus dikenal sebagai dewi *Ishtar* dalam mitologi Babilonia. Sementara bagi bangsa Sumeria, Venus merupakan dewi *Inanna*.

Adalah bangsa Mesir yang memelopori penggunaan dua nama berbeda untuk mempersonifikasi Venus. Sebagai bintang fajar, Venus adalah *Tiomoutiri* dan sebagai bintang senja adalah *Ouaiti*. Ini diikuti bangsa Yunani dan Romawi. Bagi bangsa Yunani, Venus adalah *Phosphorus* (bintang fajar) dan *Hesperus* (bintang senja). Sementara bagi bangsa Romawi, Venus merupakan *Lucifer* (bintang fajar) dan *Vesper* (bintang senja). Penamaan ini tidak bertahan terus-menerus. Pada masa Phytagoras

²¹ Tablet tanah liat adalah sekeping tanah liat yang dibentuk seukuran buku kecil dan ditulisi dengan huruf-huruf paku Babilonia, sebagai catatan era Babilonia terhadap dinamika kehidupan di masa mereka.

(abad ke-6 STU), orang Yunani menyadari baik *Phosphorus* dan *Hesperus* merupakan satu benda langit yang sama, sehingga Venus disebut ulang sebagai *Aphrodite*, sang dewi cinta. Demikian pula orang Romawi, yang menamakan ulang Venus sebagai *Isis*, seperti dicatat sejarawan Pliny²² dalam *Natural History*-nya. Belakangan orang Romawi juga menyebut Venus sebagai *Cytherea* atau *Venera*, meski dua sebutan ini jarang dipakai.

Di bagian lain dunia, Venus memegang peranan penting. Bangsa Maya di Amerika tengah demikian terobsesi dengan Venus, yang disebut sebagai *Noh Ek* (bintang besar) dan *Xux Ek* (bintang penyengat). Bagi bangsa Maya, Venus dinisbatkan sebagai dewa *Kukulcan* atau *Gukumatz* atau *Quetzalcoatl*. Siklus terlihatnya Venus juga dijadikan dasar kalender Maya. Bangsa Persia mengenal Venus sebagai *Annahita* yang kemudian disingkat *Nahid*. Bangsa Arab dan India masing-masing menyebutnya *Zahara* dan *Shukra*. Bagi bangsa Aborigin di Australia, Venus adalah *Barnumbirr*. Sementara di Indonesia disebut *bintang kejora* atau *lintang panjer rina* bagi wong Jawa.

Sebagian besar bangsa tersebut menisbatkan Venus bersifat perempuan, yang disebabkan oleh sinar putih kemilaunya. Sifat ini sangat bertolak-belakang dengan sinar merah dari Mars yang dianggap bersifat laki-laki. Simbol astronomis bagi Venus pun sama dengan simbol biologis untuk perempuan.



Gambar 2.3.

Patung *Kukulcan* di kaki piramida Chichen Itza (Meksiko).

Sumber : Wikipedia, 2011.



Gambar 2.2.

Relief yang menggambarkan raja Nabonidus (Babilonia) bersama Venus (tanda panah). Relief tersebut kini tersimpan di Museum Arkeologi Urfa (Irak).

Sumber : Sky & Telescope, September 1998.

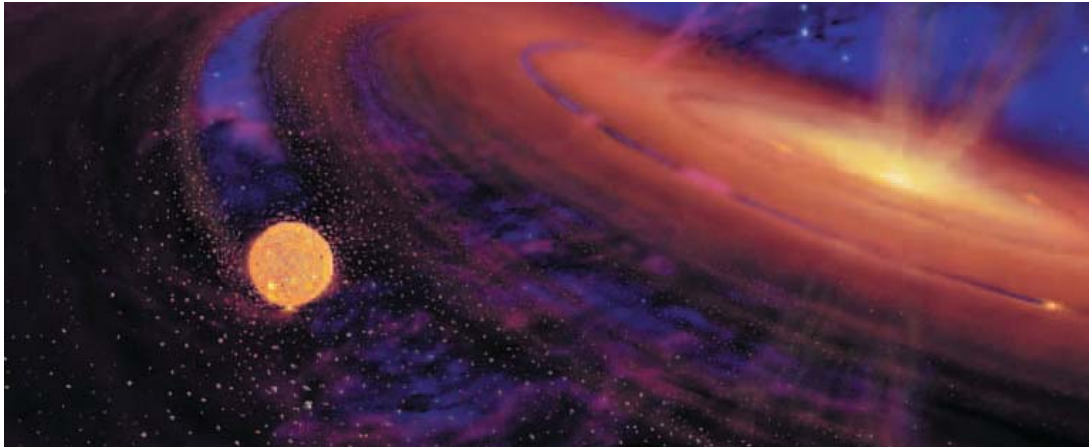
2. Sejarah Venus

Dalam perspektif ilmu pengetahuan terkini, Venus adalah planet terdekat kedua ke Matahari setelah Merkurius. Venus pun merupakan planet tetangga terdekat bagi Bumi. Sebagai salah satu benda langit anggota tata surya kita, dinamika Venus tak bisa dipisahkan dari sejarah dan dinamika seluruh bagian tata surya kita.

Segalanya berawal pada 5 milyar tahun silam, tatkala segumpal awan gas raksasa dengan berdiameter 30,8 milyar km dan didominasi unsur hidrogen dan helium mulai memadat dan memipih menjadi cakram raksasa di bawah pengaruh gelombang

²² Tepatnya adalah Pliny Tua, panglima armada Barat kekaisaran Romawi yang bermarkas di Misenum sekaligus ilmuwan pada zamannya. Pliny Tua juga adalah salah satu korban letusan Gunung Vesuvius 79 TU, yang juga mengubur kota-kota Romawi di kakinya seperti Pompeii dan Herculaneum.

tekanan (*shockwave*) dari supernova–supernova²³ didekatnya. Proses ini terus berlanjut sehingga hingga tiba suatu masa, tatkala ukuran cakram awan gas tinggal seperseribu dari semula, pusat cakram yang tertekan hebat mulai mengalami mekanisme Kelvin–Helmholtz²⁴. Sehingga mulailah sinar terpancar dan pusat cakram berubah menjadi proto–Matahari. Suhu proto–Matahari kian lama kian meningkat sehingga dalam 100 juta tahun kemudian sudah melampaui angka 10 juta derajat Celcius. Maka mulailah reaksi fusi termonuklir secara berkesinambungan berlangsung, yang mengambil alih mekanisme Kelvin–Helmholtz sekaligus mentransformasi proto–Matahari menjadi Matahari.



Gambar 2.4.

Simulasi pembentukan planet–planet dan Matahari dalam masa awal tata surya.

Sumber : Sky & Telescope, Januari 1999.

Pada saat bersamaan, sejumlah bagian di luar pusat cakram mulai memperlihatkan gejala penggabungan antar partikel gas dan debu sehingga terbentuk gumpalan yang kian lama kian membesar. Terbentuklah planetesimal. Dalam 10.000 tahun pasca lahirnya proto–Matahari, terbentuk ratusan planetesimal dengan diameter maksimal 10 km yang berputar mengelilingi proto–Matahari hingga jarak 750 juta km darinya. Planetesimal–planetesimal ini terus tumbuh dan begitu mulai lebih besar dari 100 km, gravitasinya bekerja sehingga memaksa planetesimal kecil dan debu disekitarnya menyatu membentuk protoplanet. Bersamaan dengan lahirnya Matahari, secara umum protoplanet telah selesai berproses menjadi planet meski masih cukup primitif.

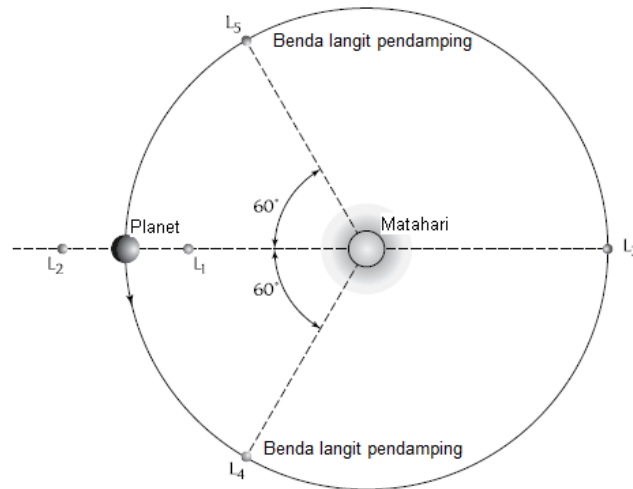
Tiga planet terdekat dengan Matahari, yakni Merkurius purba, Venus purba dan Bumi purba, terbentuk di lokasi yang tak berbeda dibanding saat ini. Namun ketiganya tak sendirian dalam orbitnya. Pada tiap orbit planet purba tersebut terdapat juga planet purba pendamping yang ukurannya lebih kecil. Meski posisi tiap planet purba dan

²³ Supernova : bintang meledak dalam skala yang luar biasa sehingga energi keluarannya jutaan hingga milyaran kali lipat lebih besar dibanding normalnya. Supernova selalu menyebabkan terhempasnya lapisan luar sebuah bintang hingga bergerak menjauh seiring gelombang tekanan, sementara intinya mengerut/mengecil akibat gravitasinya sendiri.

²⁴ Mekanisme Kelvin–Helmholtz : timbulnya panas akibat besarnya tekanan dalam pusat sebuah awan gas atau di pusat sebuah planet gas raksasa.

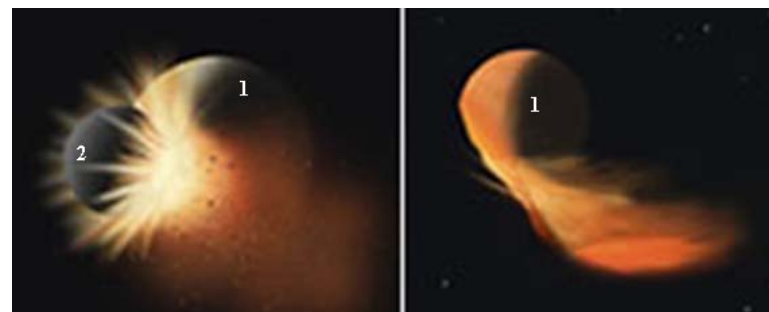
pendampingnya mematuhi konfigurasi Lagrangian²⁵, namun besarnya ukuran planet pendamping purba serta gangguan gravitasi Jupiter purba dan Matahari membuat stabilitas orbit tak pernah terbentuk. Akibatnya planet pendamping purba pun bergerak berayun–ayun maju mundur sembari mengelilingi Matahari. Pada suatu masa, umumnya 100 juta tahun pasca terbentuknya planet purba, ayunan tersebut demikian liar sehingga planet pendamping menabrak planet utamanya. Inilah peristiwa *Hantaman Besar*.

Pada Bumi purba, hantaman besar membuat sumbu rotasinya miring hingga 23,5 derajat dari semula sekaligus memperbesar inti Bumi dan membuat sebagian kecil lapisan kerak dan selubungnya terhambur ke angkasa sebagai rempah tumbukan. Kelak sebagian besar rempah tumbukan menggumpal kembali menjadi Bulan. Di Merkurius purba, selain menyebabkan mayoritas lapisan selubung dan kerak terkelupas dan membesarnya inti, hantaman besar membuat



Gambar 2.5.
Skema konfigurasi orbit Lagrangian.

Sumber : Tanton, 2004.



Gambar 2.6.
Ilustrasi peristiwa Hantaman Besar antara planet utama (1) dan planet pengiringnya (2).

Sumber : Sudibyo, 2012.

membuatnya terlepas dari pengaruh gravitasi Merkurius dan selanjutnya menghilang entah kemana.

Venus purba pun mengalami hantaman besar, namun lebih dramatis. Sebab di dalam orbit Venus terdapat dua planet pendamping yang ukurannya

cukup besar dengan posisi saling mengapit dalam konfigurasi Lagrangian. Saat planet pendamping yang kecil menghantam Venus purba, sebagian lapisan kerak dan selubung rontok ke angkasa dan dalam berjuta tahun kemudian menggumpal kembali membentuk

²⁵ Konfigurasi Lagrangian : konfigurasi sebuah planet dengan benda–benda langit pendampingnya yang menempati sebuah orbit yang sama, dimana benda–benda langit pendamping tersebut terpisah sejauh 60 derajat terhadap planet jika dilihat dari Matahari.

Bulan Venus. Seperti halnya Bumi, interaksi dengan Venus purba menyebabkan Bulan Venus perlahan-lahan bergerak menjauh. Pada saat yang sama, planet pendamping kedua yang lebih besar menghantam Venus purba. Demikian dahsyatnya hantaman besar kedua ini sehingga rotasi Venus sampai berubah dramatis, dari semula berlawanan dengan jarum jam menjadi searah jarum jam.

Hantaman besar kedua pun membuat sebagian lapisan kerak dan selubung rontok ke angkasa sebagai rempah tumbukan. Namun mereka tak sanggup menyatukan diri menjadi Bulan Venus yang kedua. Sebab perubahan sifat rotasi Venus membuat Bulan Venus secara perlahan beringsut mendekat kembali ke Venus purba. Sehingga gravitasi Bulan Venus menggagalkan setiap upaya rempah-rempah tumbukan untuk menggumpal kembali. Pada akhirnya, gerak mendekat Bulan Venus dipungkasi oleh tabrakan dengan permukaan planet ini. Dalam waktu hampir bersamaan, Venus purba lantas diberondong guyuran komet secara bertubi-tubi, seperti halnya Bumi, sebagai bagian rekonfigurasi ulang tata surya seiring migrasi planet-planet raksasa menjauhi lokasi pembentukannya.

Kekhasan sejarah kelahiran Venus, pun demikian dengan planet-planet lainnya, menggiring kita pada sebuah definisi baru tentang planet seperti ditegaskan dalam resolusi IAU Agustus 2006. Planet dalam tata surya kita kini dipahami sebagai benda langit yang mengelilingi Matahari dalam orbitnya sendiri, tidak menghasilkan sinar dan ukurannya cukup besar untuk membentuk dirinya membulat sekaligus membersihkan orbitnya dari benda langit lainnya.

3. Karakteristik Venus

Venus berputar mengelilingi Matahari dalam orbitnya yang jauhnya rata-rata 108,2 juta km terhadap Matahari. Seperti halnya anggota tata surya kita lainnya, orbit Venus bukanlah lingkaran sempurna melainkan lonjong (ellips) dengan perihelion²⁶ 107,9 juta km sementara aphelionnya²⁷ 108,9 juta km terhadap Matahari. Namun dibandingkan planet-planet lainnya, sifat lonjong orbit Venus merupakan yang terkecil dengan nilai hanya 1 berbanding 147. Ini membuat menjadikan orbit Venus nyaris berbentuk lingkaran sempurna. Venus menyusuri orbit ini dengan kecepatan rata-rata 35,02 km/detik dan membutuhkan 224,7 hari Bumi²⁸ untuk menyelesaikan satu putaran.



Gambar 2.7.

Topografi Venus dalam wujud globe, sebagai hasil kerja satelit Magellan.

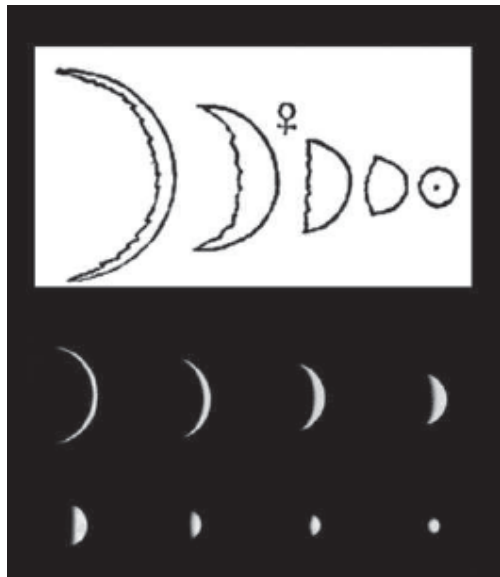
Sumber : Morison, 2008.

²⁶ Perihelion : titik terdekat ke Matahari dalam sebuah orbit benda langit anggota tata surya.

²⁷ Aphelion : titik terjauh ke Matahari dalam sebuah orbit benda langit anggota tata surya.

²⁸ Hari Bumi : satuan masa yang dinyatakan dalam periode rotasi Bumi, dimana 1 hari = 24 jam.

Sebagai planet yang lebih dekat ke Matahari dibandingkan Bumi, Venus dapat mengalami konjungsi²⁹ bawah (*inferior*). Pada saat peristiwa tersebut terjadi, posisi Matahari, Venus dan Bumi seakan terletak dalam satu garis lurus jika diproyeksikan ke dalam bidang dua dimensi, dengan Venus di tengah–tengah. Pada saat itu jarak rata–rata Bumi–Venus sebesar 41 juta km. Konjungsi bawah Venus terjadi tiap 583,9 hari Bumi sekali. Namun dengan orbit Venus miring 3,39 derajat terhadap ekliptika, Venus tidak selalu segaris lurus dengan Bumi–Matahari bila diproyeksikan dalam bidang tiga dimensi pada saat konjungsi bawah Venus terjadi. Venus baru benar–benar segaris lurus dengan Bumi–Matahari dalam transit Venus.



Gambar 2.8.

Fase–fase Venus berdasarkan pengamatan teleskop, nampak sesuai dengan sketsa fase–fase Venus hasil pengamatan Galileo 4 abad silam (atas).

Sumber : Morison, 2008.

Konsekuensi berikutnya, Venus pun memiliki fase–fase seperti halnya Bulan. Kita dapat menyaksikan Venus dalam bentuk sabit tipis, separo hingga nyaris utuh (purnama). Namun bertolak belakang dengan Bulan, Venus justru terlihat paling terang dan paling besar saat fasenya sabit paling tipis. Dan konsekuensi selanjutnya, Venus takkan pernah terlihat sangat tinggi di langit. Dengan elongasi³⁰ maksimum yang dapat dicapai 47,8 derajat, maka ketinggian maksimum yang bisa dicapai Venus saat terlihat dari Bumi pun hanya sebesar 47,8 derajat, baik dari kaki langit sebelah timur (sebelum Matahari terbit) maupun barat (setelah Matahari terbenam).

Sejarah pembentukan Venus yang unik membuat planet ini berotasi terbalik (*retrograde*) bila dibandingkan planet–planet lainnya, yakni dari timur ke barat. Sehingga bila kita tinggal di Venus, Matahari terlihat terbit di sebelah barat dan

terbenam di sebelah timur. Venus juga berotasi amat lambat, butuh 243 hari Bumi untuk menuntaskan satu putaran. Akibatnya kecepatan putaran Venus di khatulistiwa hanya 6,5 km/jam, bandingkan dengan Bumi yang mencapai 1.650 km/jam. Sehingga Venus tidak mengalami pemampatan³¹ (*flattening*) seperti halnya planet–planet lainnya. Namun meski waktu rotasinya lebih lambat dibanding waktu mengelilingi Matahari, dengan sifat rotasi terbalik maka Matahari selalu terbit setiap 116,75 hari Bumi sekali. Panjang hari Matahari tersebut ternyata tepat seperlima dari selisih antara dua konjungsi bawah Venus yang berurutan. Dengan demikian Venus mengalami kunci gravitasi dengan Bumi dan Matahari, meski bagaimana mekanismenya belumlah jelas.

²⁹ Konjungsi : segarisnya dua atau lebih benda langit dalam satu garis bujur ekliptika yang sama dilihat dari Bumi.

³⁰ Elongasi : jarak sudut terpendek antara dua buah benda langit dilihat dari satu lokasi (misalnya Bumi).

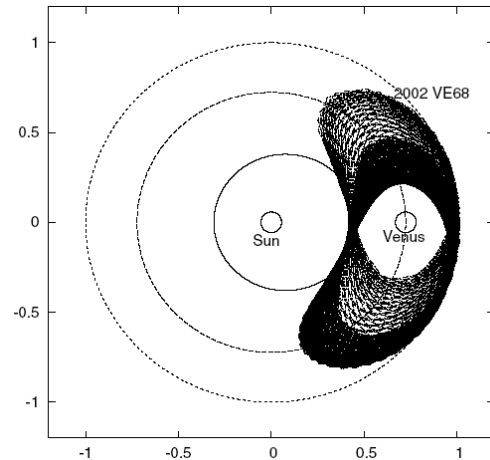
³¹ Pemampatan : pemendekan diameter benda langit pada sumbu rotasinya dan sebaliknya penggelembungan di area khatulistiwa dan sekitarnya yang disebabkan oleh rotasi benda langit itu sendiri. Semakin cepat rotasinya, semakin besar pemampatannya.

Jika disandingkan dengan Bumi, Venus hampir sama besar karena diameternya hanya 650 km lebih kecil dibanding Bumi, yakni 12.102 km. Tetapi massa Venus lebih rendah, yakni hanya 81,5 % massa Bumi. Sehingga kerapatannya $5,2 \text{ g/cm}^3$ atau sedikit lebih kecil dibanding Bumi yang besarnya $5,5 \text{ g/cm}^3$. Percepatan gravitasi Venus adalah $8,87 \text{ m/detik}^2$ atau 90 % nilai di Bumi. Sehingga sebuah benda yang ditimbang di Bumi beratnya 10 kg, saat ditimbang ulang di Venus beratnya tinggal 9 kg.

Venus pernah dianggap memiliki satelit alami atau Bulan Venus, yang pertama kali dikemukakan astronom Giovanni Cassini (Italia) pada 1672 TU. Namun penyelidikan panjang akhirnya menyimpulkan apa yang dilihat Cassini dan sejumlah astronom berikutnya sebenarnya hanyalah bintang-bintang jauh yang kebetulan posisinya sedang berada di latar belakang Venus tatkala disaksikan dari Bumi. Bintang-bintang tersebut adalah *Chi Orionis* (di rasi Orion), *M Tauri* (di rasi Taurus), *Nu Geminorum* (di rasi Gemini) dan *Theta Librae* (di rasi Libra). Pada era modern, pencarian sistematis hingga radius Hills³² sejauh 690.000 km dari Venus, yakni kawasan dimana sebuah satelit alami secara teoritis bisa stabil dalam kungkungan gravitasi Venus tanpa diusik gangguan eksternal, tidak menunjukkan eksistensi sebutir pun Bulan Venus meskipun yang ukurannya hanya beberapa ratus meter.

Pada 2002 TU sistem pelacakan benda langit otomatis LONEOS menemukan sebuah asteroid berdiameter 210 hingga 470 m, yang ditandai sementara sebagai 2002 VE68. belakangan diketahui asteroid 2002 VE68 adalah kuasi-satelit Venus. Maksudnya, asteroid tersebut tetap mengedari Matahari namun pada jarak rata-rata sama dengan jarak rata-rata Venus ke Matahari, sehingga jarak rata-rata asteroid 2002 VE68 ke Venus berada di sekitar 30 juta km. Keunikan ini mengesankan asteroid 2002 VE68 menjadi 'pengawal' Venus karena selalu berada pada jarak rata-rata 30 juta km dari Venus, meski sebenarnya tidak. Dinamika orbit asteroid 2002 VE68 membuatnya menjadi kuasi-satelit Venus selama 7.000 tahun terakhir dan bakal bertahan hingga 500 tahun ke depan.

Meski menjadi planet terdekat ke Bumi, karakteristik atmosfer Venus menyembunyikan permukaan planetnya secara permanen di balik kabut tebal. Hanya satelit buatan bertulangpunggungan radar atau pesawat pendarat saja yang mampu membuat rahasia permukaan Venus tersingkap. Upaya meluncurkan satelit buatan pengamat Venus telah dilakukan sejak fajar abad antariksa bersemi. *Mariner 2* (AS) menjadi satelit pertama yang berhasil melintas-dekat Venus pada 1962 TU. Sementara *Venera 7* (Uni Soviet) menjadi pesawat pendarat pertama ke Venus, tepatnya pada 1970



Gambar 2.9.

Plotting posisi asteroid 2002 VE68 relatif terhadap posisi Venus hingga 500 tahun mendatang.

Sumber : Mikkola dkk, 2004.

³² Radius Hills : jarak yang membatasi kawasan di sekitar sebuah planet yang mampu mengontrol sebuah benda langit lainnya agar berubah menjadi satelit alaminya tanpa dipengaruhi gangguan eksternal (misalnya gravitasi Matahari).



Gambar 2.10.
Ilustrasi satelit *Magellan* saat beroperasi di Venus.
Sumber : NASA, 1994.

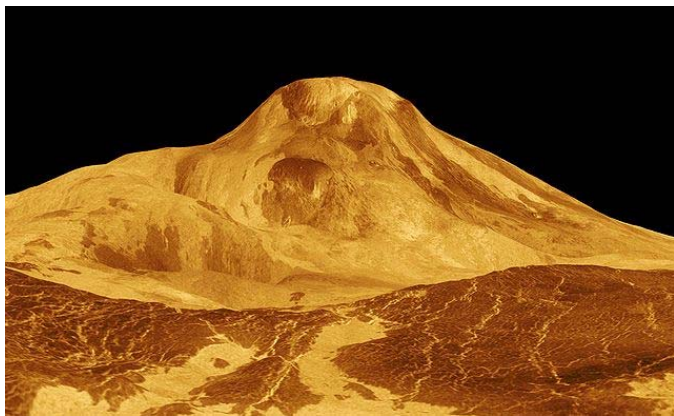
masa awal tata surya dan pemanasan radioaktif. Sebaliknya kerak dan selubung Venus berbentuk padat, berbeda dengan selubung di Bumi yang bersifat cair sangat kental. Perbedaan ini, ditambah dengan ketiadaan samudera Venus, berimplikasi pada tidak adanya sistem lempeng tektonik pada kerak Venus. Sehingga bila panas internal Bumi dapat tersalur keluar melalui arus konveksi dan gerakan lempeng-lempeng tektonik, pada Venus pelepasan panas berlangsung pada periode-periode tertentu saja. Terakhir kalinya pelepasan tersebut terjadi 500 juta tahun silam, yang berlanjut selama sedikitnya 100 juta tahun. Saat itu panas internal yang tersekap dalam inti Venus telah demikian akumulatif, sehingga lapisan selubung mulai memanaskan dan membuat kerak Venus jadi lebih lemah. Akibatnya magma dalam jumlah luar biasa tumpah ke permukaan Venus dan membanjir ke segenap penjuru.

Sebagai akibatnya, 80 % wajah Venus adalah dataran vulkanik dan 90 % permukaan Venus tersusun dari bekuan lava cair encer (basaltik)³³. Ini menyebabkan albedo³⁴ Venus cukup besar, yakni 0,67 atau enam kali lipat albedo Bumi.

TU. Selain produk sejumlah pendarat Venera, pengetahuan terkini tentang Venus disumbangkan balon udara *Vega 1* dan *Vega 2* (Uni Soviet) pada 1984 TU dan satelit radar *Magellan* (AS) pada 1989–1994 TU. Kini satelit pengamat Venus yang masih aktif adalah *Venus Express* (Eropa), yang mulai bertugas sejak 2005 TU.

4. Vulkanisme dan Tektonisme Venus

Struktur internal Venus terdiri dari inti, selubung dan kerak, mirip dengan Bumi. Inti Venus mungkin setengah cair sangat panas dan bertekanan sangat tinggi. Panas inti Venus berasal dari dua sumber, yakni sisa panas dari proses terbentuknya Venus di



Gambar 2.11.
Gunung berapi *Maat Mons*, berdasarkan citra radar tiga dimensi satelit *Magellan*.

Sumber : NASA, 1994.

³³ Lava basaltik : lava yang banyak mengandung logam seperti Kalium dan Natrium, bersifat basa (*mafic*) dan berwarna lebih gelap.

³⁴ Albedo : kemampuan sebuah benda langit dalam memantulkan kembali sinar Matahari yang menerpanya.

Akibatnya 67 % sinar Matahari yang jatuh menerpa Venus bakal dipantulkan kembali ke angkasa. Banjir lava juga menyebabkan Venus lebih datar ketimbang Bumi, dimana selisih titik tertinggi dan terendahnya hanyalah 13 km (bandingkan dengan Bumi yang sampai 20 km). Implikasi lainnya, 80 % permukaan Venus berbentuk dataran rendah yang elevasi maksimumnya kurang dari 1.000 m. Sebaliknya hanya 10 % permukaan Venus yang berbentuk dataran tinggi dengan elevasi lebih dari 2.000 m. Tercatat lebih dari 1.600 gunung berapi besar di Venus, namun jumlah gunung berapi kecil (diameter kurang dari 20 km) amat banyak dan diduga mencapai jutaan. *Maat Mons* adalah gunung berapi tertinggi (elevasi 8 km) dan kemungkinan besar masih aktif.

Vulkanisme Venus secara umum terdiri dari vulkanisme sentral (terpusat) dan vulkanisme areal (aliran). Pada vulkanisme sentral, magma mengalir dari satu titik tetap, sehingga bekuan lava menumpuk disekitarnya. Karena magmanya basaltik, vulkanisme sentral menghasilkan gunung berapi tameng yang mirip dengan gunung-gunung berapi di kepulauan Hawaii. Namun ukurannya sangat berbeda, karena gunung berapi Venus berdiameter sangat besar namun puncaknya relatif rendah (rata-rata 1,5 km dari dasar), diduga akibat besarnya tekanan udara Venus. Namun ada juga perkecualian, khususnya bila magmanya mengandung banyak silika (SiO_2) sehingga lebih kental. Gunung berapi yang dibentuknya umumnya berdiameter kecil, yakni sekitar 15 km, dengan puncak relatif datar, dimana titik tertingginya hanya 1 km. Gunung berapi seperti ini secara teknis dinamakan kubah lava. Namun bila dilihat dari angkasa, kubah-kubah lava itu menyerupai telur dadar, sehingga acapkali dinamakan kubah telur dadar. Ada juga



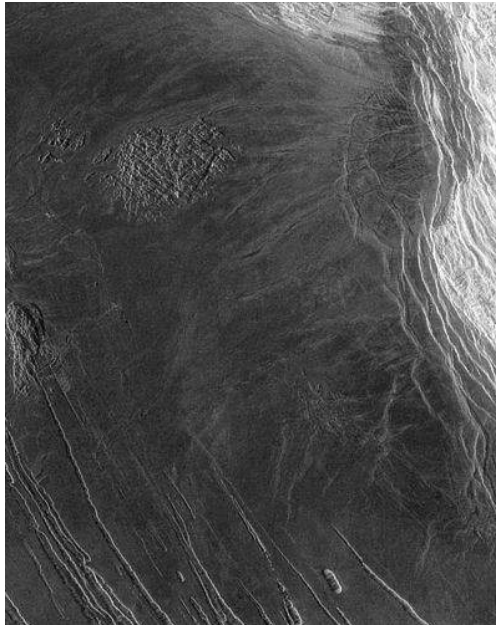
Gambar 2.12.
Beberapa gunung berapi kubah telur dadar Venus (terbesar berdiameter 65 km), berdasarkan citra radar satelit *Magellan*.

Sumber : NASA, 1994.

novae, yakni sejenis gunung berapi yang mengalirkan magmanya lewat parit-parit memanjang menyebar ke segala arah yang berpusat di satu titik. Gunung berapi ini diduga merupakan kaldera raksasa, yang terbentuk akibat runtuhnya dapur magma dangkal dibawahnya. Namun runtuhnya dapur magma dangkal juga bisa menghasilkan *arachnoid*, yakni gunung berapi yang strukturnya menyerupai jaring laba-laba bila dilihat dari angkasa.

Vulkanisme areal Venus menampakkan dirinya sebagai aliran-aliran lava bervolume sangat besar yang mengalir sangat jauh. Sebuah peristiwa vulkanisme areal di Venus mampu meluapkan magma 10 kali lipat lebih besar dibanding peristiwa sejenis di Bumi. Padahal vulkanisme areal di Bumi saja mampu menghancurkan kehidupan, seperti terlihat dalam peristiwa Siberia 250 juta tahun silam yang menenyapkan 96 % populasi makhluk hidup. Telah terdeteksi 250 jejak aliran lava di Venus. *Baltis Vallis* adalah yang terpanjang, yakni 6.800 km atau seperenam keliling planet ini.

Berbeda dengan Bumi, tektonisme menjadi peristiwa minor di Venus. Tiadanya lempeng tektonik menyebabkan tektonisme Venus digerakkan langsung oleh dinamika



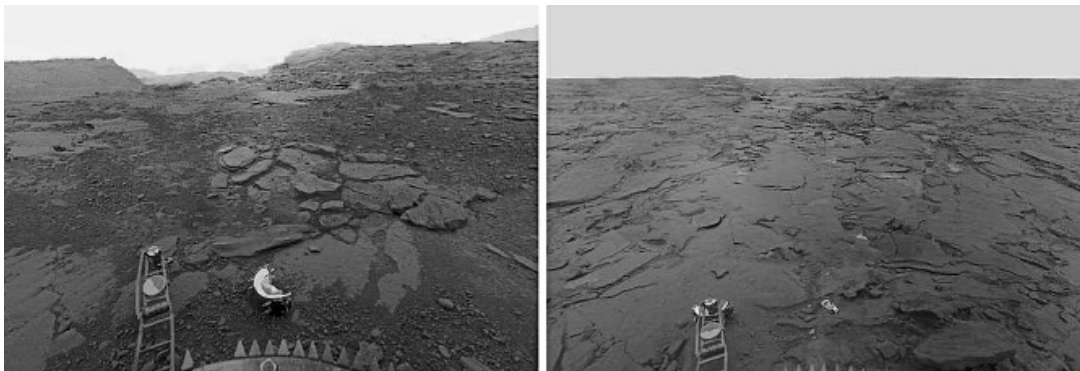
Gambar 2.3.
Pegunungan lipatan *Maxwell Montes*,
berdasarkan citra radar satelit *Magellan*.
Sumber : NASA, 1994.

dalam lapisan selubung Venus. Umumnya, tektonisme Venus adalah efek samping vulkanisme Venus, dimana perubahan-perubahan yang terjadi pada kerak Venus disebabkan oleh konveksi di dalam selubung. Konveksi membuat permukaan kerak Venus di atasnya menggelembung. Selain berujung pada tumpahnya magma dalam jumlah besar di permukaan, penggelembungan juga memaksa permukaan Venus meregang atau tertekan sehingga membentuk pegunungan lipatan, sistem lembah retakan dan *tesserae*.

Seperti di Bumi, pegunungan lipatan di Venus tersusun oleh lipatan dan patahan saling bersebelahan (paralel). Secara umum terdapat empat rangkaian pegunungan lipatan, masing-masing *Maxwell Montes*, *Freyja Montes*, *Akna Montes* dan *Danu Montes*. Salah satu puncak *Maxwell Montes* menjadi titik tertinggi di Venus, yakni 11 km dari

dasar. Sementara titik tertinggi di *Akna Montes* dan *Freyja Montes* sama-sama 7 km dari dasar. Namun rekor rangkaian pegunungan terpanjang di Venus dipegang oleh *Atanua Mons* dan *Var Mons*, yang berlokasi di dekat khatulistiwa Venus dengan panjang 1.000 km.

Lembah retakan Venus adalah produk deformasi permukaan Venus dalam skala sangat bervariasi, dari kecil hingga yang sangat besar. Lembah retakan umumnya merupakan jaringan patahan turun (*normal fault*), yang terbentuk ketika salah satu bagian kerak Venus merosot turun sehingga lebih rendah dibanding sekitarnya. Jaringan patahan turun Venus umumnya terkonsentrasi di sekitar khatulistiwa dan lintang tinggi belahan Venus selatan, dua kawasan dimana sebaran gunung-gunung berapi Venus mencapai konsentrasi tertinggi. Sistem lembah retakan tersebut bisa sepanjang 1.000 km seperti terlihat pada *Beta Regio*, *Atla Regio* dan *Eistla Regio*.

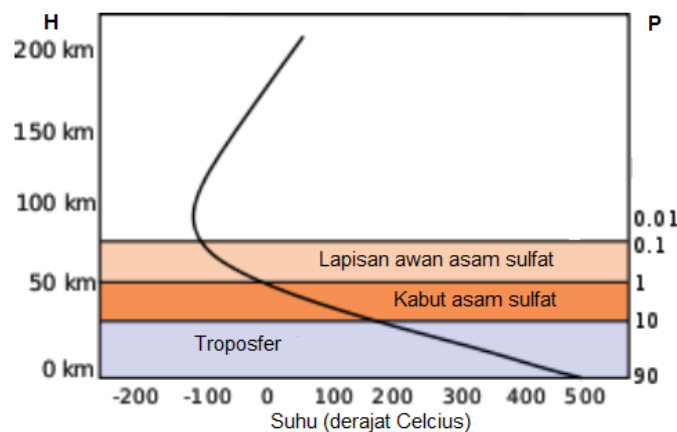


Gambar 2.14.
Panorama permukaan Venus, hasil bidikan wahana pendarat *Venera 13* dan *14*.
Sumber : Soviet Academy of Sciences dalam Jones, 2007.

Tesserae mendapatkan namanya karena terlihat bergaris-garis mirip lantai berkeramik bila dilihat dari angkasa. *Tesserae* dapat berbentuk demikian karena sesungguhnya merupakan jalur-jalur patahan turun yang saling berpotongan. Patahan tersebut tidak terbentuk dalam waktu sama, sehingga *tesserae* merupakan bagian permukaan Venus yang tua. *Tesserae* umumnya ditemukan di *Aphrodite Terra*, *Alpha Regio*, *Tellus Regio* dan *Ishtar Terra*.

5. Tempat Terpanas di Tata Surya

Seperti halnya Bumi, Venus pun mempunyai atmosfer yang keberadaannya baru diketahui pada 1761 TU saat astronom Mikhail Lomonosov (Rusia) mendeteksi cincin sinar menyelubungi cakram Venus saat terjadinya transit Venus. Cincin sinar itu adalah atmosfer Venus, yang penuh dengan gas karbondioksida (CO_2). Perhitungan astronom Rupert Wild pada 1940 TU menunjukkan tingginya konsentrasi gas CO_2 menyebabkan suhu permukaan Venus sangat tinggi sehingga mampu mendidihkan air dengan mudah. Ini disahkan misi antariksa *Mariner 2* pada 1962 TU, saat untuk pertama kalinya suhu atmosfer dan permukaan Venus diukur secara langsung. Berselang lima tahun kemudian, *Venera 4* memastikan atmosfer Venus memang penuh gas CO_2 .



Gambar 2.15.

Lapisan-lapisan atmosfer Venus berdasarkan suhu, ketinggian (H) dan tekanan (P, dalam bar).

Sumber : Wikipedia, 2011.

Kekhasan atmosfer Venus membuat permukaan Venus menjadi tempat terpanas dalam tata surya kita setelah Matahari. Suhu rata-rata permukaan Venus 467 derajat Celcius, sedikit lebih tinggi dibanding suhu rata-rata permukaan Merkurius siang hari, yang 420 derajat Celcius. Namun Venus hampir dua kali lebih jauh terhadap Matahari sehingga hanya menerima 25 % energi Matahari yang diterima Merkurius. Tingginya suhu permukaan Venus bahkan

mampu melelehkan timah hitam, timah putih dan seng, sehingga Venus sering dianggap merepresentasikan neraka dalam tata surya kita. Situasi tersebut disebabkan dominannya gas CO_2 , yang bersama gas sulfur dioksida (SO_2) dan uap air (H_2O) menciptakan efek rumah kaca³⁵ berskala sangat besar sehingga menghasilkan pemanasan global Venus nan dramatis. Tingginya suhu Venus merupakan cerminan bagaimana bila emisi gas CO_2 berlangsung tak terkendali sehingga memicu pemanasan global yang tak terhentikan lagi.

Massa atmosfer Venus setara 0,01 % massa planetnya atau 93 kali lebih berat ketimbang massa atmosfer Bumi. Akibatnya tekanan udara permukaan Venus pun

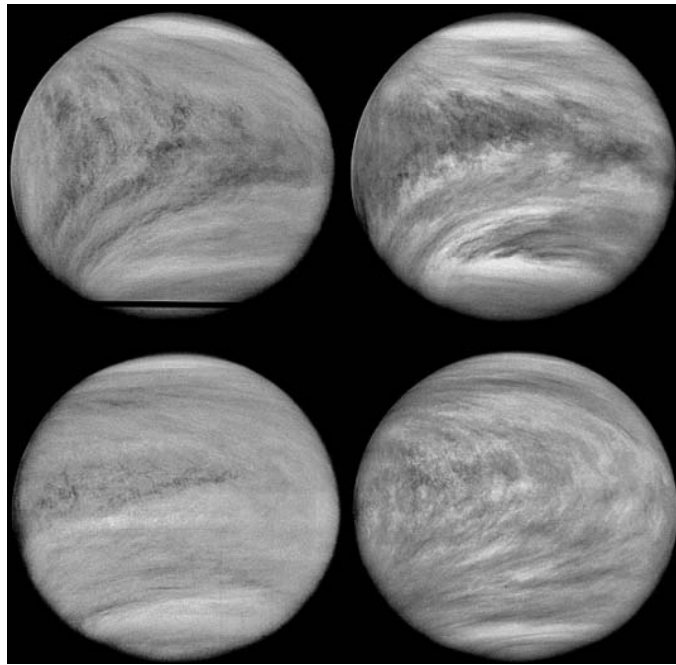
³⁵ Efek rumah kaca : tersekapnya panas dalam atmosfer suatu planet akibat berlimpahnya gas-gas yang mampu menahan panas Matahari, sehingga panas yang seharusnya dipantulkan kembali ke angkasa menjadi tertahan di dalam atmosfer. Akibatnya terjadi kenaikan suhu atmosfer secara bertahap.

sangat besar, yakni 92 atm atau 92 kali tekanan udara permukaan Bumi. Kerapatan udaranya pun sangat besar, yakni 67 kali lipat densitas udara permukaan Bumi. Ini menjadikan atmosfer Venus sebagai atmosfer terpadat di antara planet–planet lainnya. Oleh tingginya suhu dan tekanan udaranya, maka tak setetes pun air cair bisa terbentuk. Sebaliknya justru gas CO₂ bisa berbentuk cairan, yakni cairan superkritis³⁶. Komposisi atmosfer Venus terdiri dari CO₂ (96 %), Nitrogen (3,5 %), SO₂ (0,015 %), H₂O (0,002 %) dan CO (0,001 %) disamping sejumlah gas lainnya yang sangat jarang.

Hampir seluruh massa atmosfer Venus, yakni 99 %, terletak di lapisan setebal 65 km dari permukaan. Bagian ini sering disebut pula troposfer. Padatnya atmosfer Venus menyebabkan 90 % massanya terletak di sub–lapisan setinggi 8 km. Bandingkan dengan Bumi, yang 90 % massa atmosfernya terkumpul hingga ketinggian 10 km. Di atas troposfer terdapat mesosfer, yakni mulai ketinggian 65 km hingga 120 km. Dan paling atas adalah eksosfer, yakni mulai dari ketinggian 120 km hingga 350 km.

Batas antara troposfer dan mesosfer Venus dikenal sebagai *tropopause* dan menjadi kawasan paling menarik. Seluruh bagian *tropopause* beserta bagian atas

troposfer dan bagian bawah mesosfer, tepatnya mulai ketinggian 30 km hingga 70 km, dipenuhi oleh butir–butir asam sulfat sebagai kabut dan awan tebal. Demikian tebalnya sehingga 75 % sinar Matahari terpantulkan kembali ke angkasa dan inilah yang membuat permukaan Venus terus tersembunyi bila diintip dari Bumi. Butir–butir asam sulfat saling bergesekan dengan sesamanya menghasilkan arus listrik statis yang mengalir dari satu awan ke awan lainnya sebagai kilat. Namun populasi kilat di Venus ternyata hanya separuh jumlah kilat Bumi. Butir–butir asam sulfat selalu akan jatuh sebagai hujan asam, meski tak pernah bisa menyentuh permukaan. Inilah *virga*, dimana tingginya suhu dekat permukaan Venus menyebabkan tetes–tetes air hujan asam langsung menguap dan membumbung kembali ke atas mengikuti arus konveksi³⁷ dalam troposfer.



Gambar 2.16.

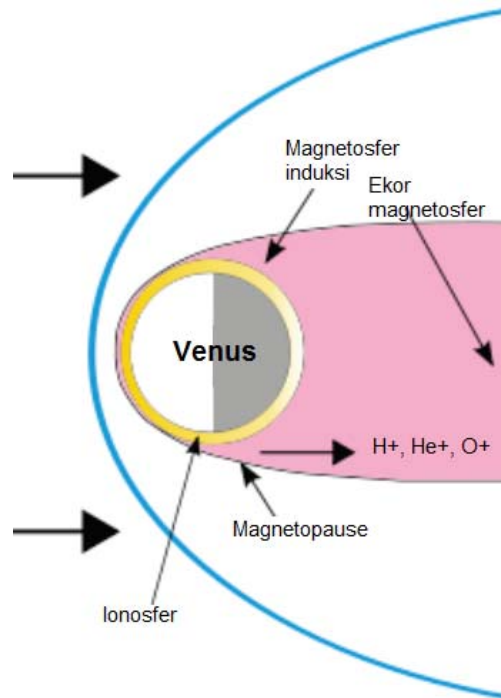
Rotasi atmosfer Venus yang sangat cepat, seperti diabadikan satelit *Pioneer Venus* (*Pioneer 12* dan *13*).

Sumber : NASA, 1980.

³⁶ Cairan superkritis : zat yang tetap berbentuk cair meski suhunya telah melebihi titik didihnya (titik kritis), yang disebabkan oleh kondisi tertentu (misalnya besarnya tekanan yang diterimanya).

³⁷ Arus konveksi : perambatan panas berupa aliran fluida (zat yang bukan zat padat) yang bersirkulasi dimana mengalir membumbung akibat panas dan mengalir menurun akibat dingin.

Hal menarik lainnya, suhu, tekanan udara dan komposisi udara pada *tropopause* Venus amat mirip dengan Bumi. Pada ketinggian 50 hingga 54 km, suhu atmosfer Venus adalah 27 derajat Celcius dengan tekanan udara 1 atm dan komposisi udara didominasi Nitrogen dan Oksigen. Dalam kondisi demikian, air dalam wujud cair dapat terwujud. Karena itulah *tropopause* Venus dikenal sebagai bagian tata surya yang paling mirip dengan Bumi, bahkan dibandingkan dengan permukaan Mars. Sehingga kawasan ini adalah target bagi eksploitasi dan kolonisasi Venus oleh manusia kelak di kemudian hari.



Gambar 2.17.
Struktur magnetosfer Venus.
Sumber : Wikipedia, 2011.

Seperti Bumi, atmosfer Venus juga berotasi namun dengan kecepatan sangat tinggi. Sebagian atmosfer Venus khususnya lapisan eksosfer, mesosfer dan *tropopause* bergerak pada kecepatan 360 km/jam. Sehingga bagian tersebut bersirkulasi memutar Venus hanya dalam waktu 4 hari Bumi, atau 60 kali lebih cepat dibanding rotasi planet itu sendiri. Kecepatan angin ini melambat seiring penurunan ketinggian, sehingga di dekat permukaan Venus hembusan anginnnya tinggal 1 hingga 4 km/jam. Namun akibat besarnya kerapatan udara permukaan Venus, maka hembusan angin selambat itu tak ubahnya seperti aliran air di Bumi, sehingga mampu mengangkut butir-butir debu dan batu-batu kecil bergerak sembari mengukir permukaan Venus.

Atmosfer Venus juga mengandung ion dan elektron berkonsentrasi tinggi dalam lapisan ionosfer. Lapisan ini membentang secara seragam dari ketinggian 120 km hingga 300 km atau menempati bagian yang sama dengan

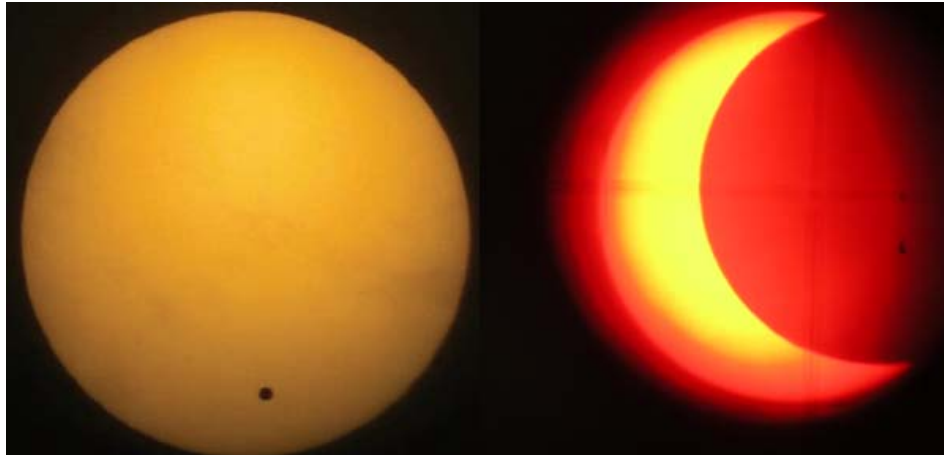
termosfer. Namun berbeda dengan Bumi, ionosfer Venus bukanlah bagian magnetosfer. Sebab Venus tidak mempunyai medan magnet. Hal ini mungkin disebabkan oleh amat lambatnya rotasi Venus, atau arus konveksi yang bersirkulasi dalam lapisan selubungnya (karena selubung telah menjadi padat). Sehingga magnetosfer Venus hanyalah berupa medan magnet induksi yang dipicu oleh medan magnet Matahari yang dibawa angin Matahari³⁸. Magnetosfer ini amat lemah, yang membuat angin Matahari dapat menerobosnya dengan mudah hingga memasuki lapisan eksosfer. Hantaman angin Matahari di sini menyebabkan molekul-molekul air terurai menjadi ion-ion hidrogen dan oksigen. Bersama dengan ion helium, ion-ion tersebut lantas diterbangkan ke angkasa dan tak pernah kembali ke Venus lagi.

³⁸ Angin Matahari : aliran proton/elektron secara konstan dari permukaan Matahari ke segenap penjuru tata surya, yang mengalir keluar melalui lubang korona. Jumlah partikel yang terlibat cukup besar, yakni rata-rata 1,6 juta ton/detik.

1. Transit atau Gerhana Planet

Transit Venus adalah aspek khusus dalam konjungsi bawah Venus, yakni tatkala Matahari, Venus dan Bumi terletak dalam satu garis lurus dilihat dari sudut pandang manapun bila diproyeksikan ke dalam bidang tiga dimensi. Sehingga pada saat transit Venus terjadi, kita di Bumi akan menyaksikan Venus melintas di depan bundaran Matahari.

Secara astronomis transit Venus terjadi karena Matahari, Venus dan Bumi terletak dalam satu garis *syzygy*. Transit Venus juga hanya bisa terjadi jika Venus terletak di salah satu titik nodalnya³⁹. Sehingga koordinat lintang dan bujur ekliptika Venus akan nyaris tepat sama dengan Matahari. Ini berbeda dengan situasi konjungsi bawah biasa, dimana Venus dapat terpisah hingga sejauh 9,6 derajat terhadap Matahari. Dengan demikian konfigurasi transit Venus pada dasarnya sama dengan Gerhana



Gambar 3.1.

Perbandingan transit Venus (kiri) dengan Gerhana Matahari (kanan).

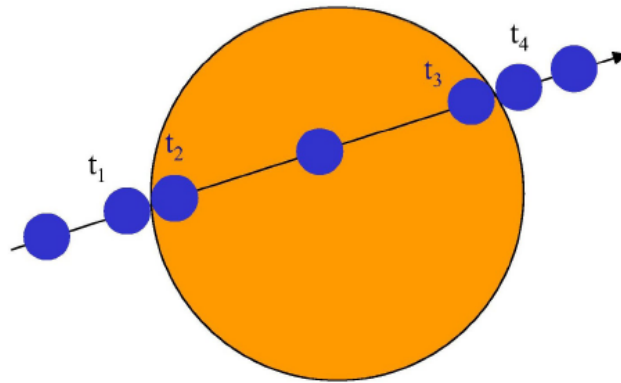
Sumber : Morison, 2008 & Moeid dkk, 2009.

Matahari Total, dimana posisi Venus digantikan oleh Bulan. Karena itu transit Venus kadang dinamakan pula Gerhana Venus. Namun karena diameter nampak Venus jauh lebih kecil dibanding Bulan, maka keterlihatan transit Venus sangat berbeda. Dengan diameter nampak cakram Venus hanya 3,7 % Matahari, kita hanya akan menyaksikan bundaran bulat hitam kecil melintas di latar depan cakram Matahari. Hal itu pula yang

³⁹ Titik nodal : titik potong antara orbit Venus dengan ekliptika (bidang edar Bumi mengelilingi Matahari).

membuat transit Venus tidak disertai fenomena umbra⁴⁰ dan penumbra⁴¹ sebagaimana Gerhana Matahari.

Dalam skala tata surya kita, transit Venus merupakan konsekuensi posisi Venus yang lebih dekat ke Matahari dibanding Bumi kita. Hal serupa pun dialami planet Merkurius dalam peristiwa transit Merkurius. Namun kekerapan terjadinya transit Merkurius lebih banyak dibanding transit Venus. Rata-rata terjadi 13 transit Merkurius per abad, sementara transit Venus hanya 2 peristiwa per abad. Selain itu fenomena transit juga bisa terjadi pada asteroid, khususnya asteroid dekat Bumi (*near earth asteroid*) atau asteroid dengan orbit demikian rupa sehingga perihelionnya lebih kecil dibanding orbit Merkurius/Venus sementara aphelionnya lebih besar ketimbang orbit Bumi. Baik dalam transit Merkurius maupun transit asteroid, fenomena tersebut hanya bisa diamati dengan teleskop berkemampuan tinggi mengingat kecilnya ukuran nampak Merkurius atau asteroid dibandingkan dengan cakram Matahari.



Gambar 3.2.

Tahapan transit Venus : kontak I (t_1), kontak II (t_2), kontak III (t_3) dan kontak IV (t_4).

Sumber : Mignard, 2004.

Seperti halnya padanan konjungsi Bulan–Matahari (*ijtima'*) dengan Gerhana Matahari, tidak setiap konjungsi bawah Venus disertai transit Venus, namun setiap transit Venus selalu bertepatan dengan konjungsi bawah Venus. Sehingga meskipun konjungsi bawah Venus terjadi setiap 583,9 hari Bumi sekali, tidak setiap waktu itu pula transit Venus terjadi.

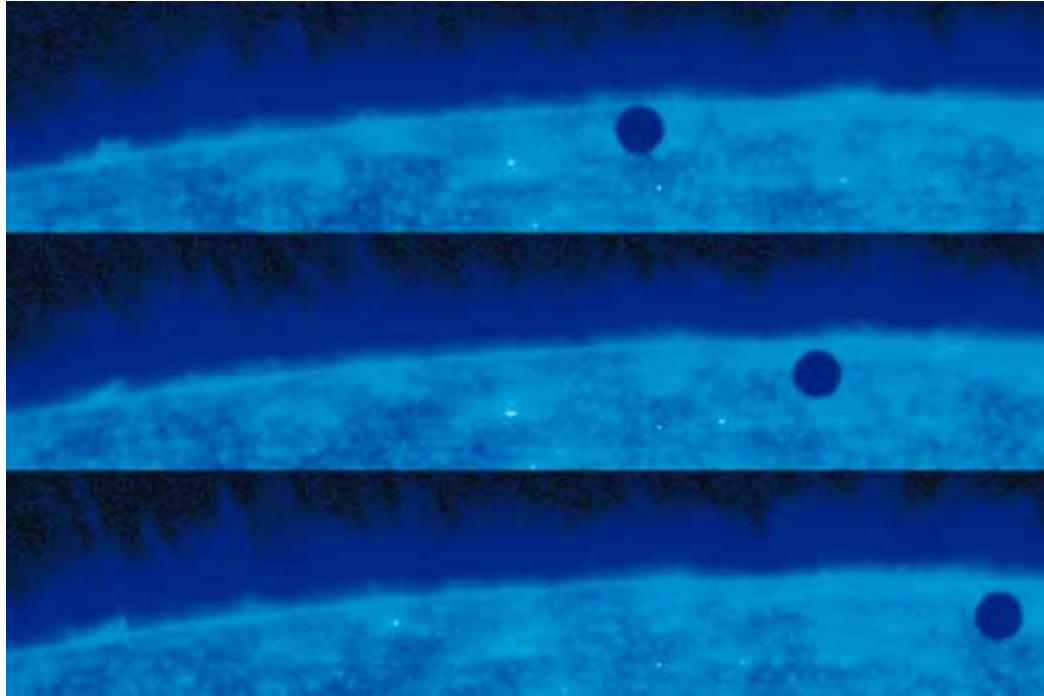
Sistem penamaan transit Venus bergantung kepada tahun terjadinya peristiwa tersebut. Sehingga transit Venus yang terjadi pada 6 Juni 2012 TU misalnya, dinamakan transit Venus 2012. Seperti halnya Gerhana Matahari, maka transit Venus juga mengenal kontak awal, puncak transit dan kontak akhir. Kontak awal adalah saat cakram Venus mulai “memasuki” cakram Matahari. Kontak awal dibedakan menjadi kontak I dan kontak II. Kontak I adalah saat tepi cakram Venus tepat bersentuhan dengan tepi cakram Matahari. Sementara kontak II adalah saat cakram Venus tepat sepenuhnya “memasuki” cakram Matahari dengan salah satu tepi cakram (yang berlawanan arah dibanding tepi cakram dalam kontak I) masih bersentuhan dengan tepi cakram Matahari.

Kontak akhir adalah saat cakram Venus mulai “keluar” dari cakram Matahari, yang juga dibedakan menjadi dua yakni kontak III dan kontak IV. Kontak III adalah kebalikan dari kontak II, yakni saat Venus tepat hendak “keluar” dari cakram Matahari dimana tepi cakram Venus sudah tepat bersentuhan dengan tepi cakram Matahari.

⁴⁰ Umbra : bayangan inti yang bersifat gelap total akibat terblokirnya cakram Matahari.

⁴¹ Penumbra : bayangan tambahan yang bersifat remang–remang karena masih tersisa berkas sinar meski cakram Matahari terblokir.

Sementara kontak IV adalah saat cakram Venus tepat sepenuhnya “keluar” cakram Matahari dengan salah satu tepi cakram (yang berlawanan arah dibanding tepi cakram dalam kontak III) masih bersentuhan dengan tepi cakram Matahari. Kontak IV adalah kebalikan dari kontak I. Dan puncak transit adalah kondisi saat jarak pisah pusat cakram Matahari dan pusat cakram Venus memiliki nilai terkecil.



Gambar 3.3.

Pemandangan transit Merkurius pada 19 November 1999 TU, diabadikan oleh satelit TRACE. Dibanding Venus, Merkurius jauh lebih sering mengalami transit.

Sumber : NASA, 1999.

2. Karakter Transit Venus

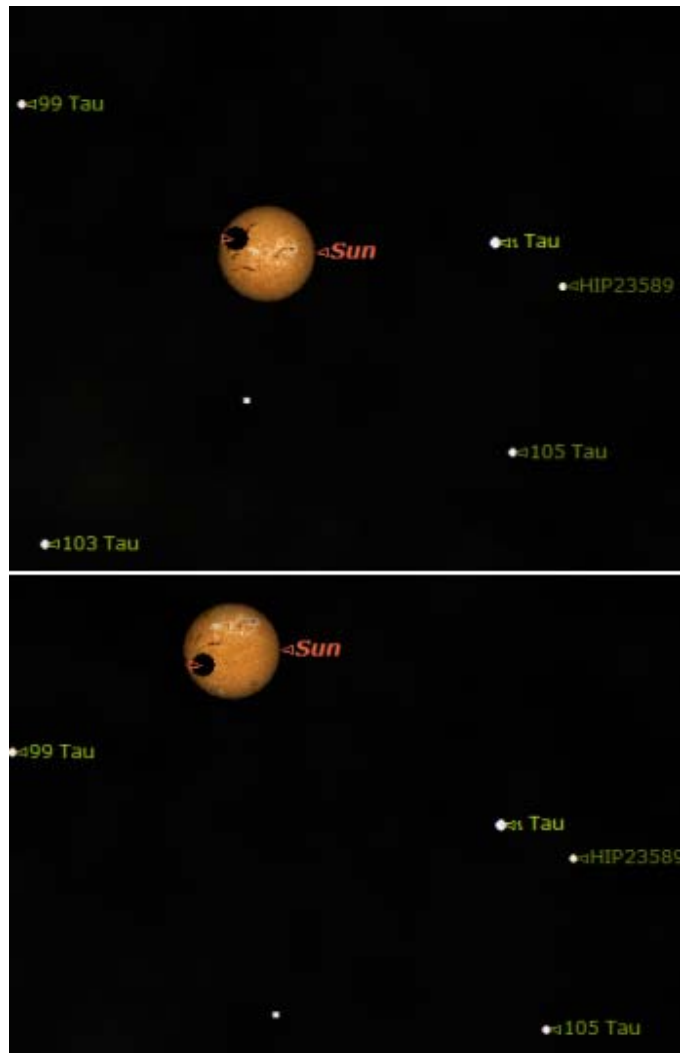
Sebuah transit Venus pada saat ini terjadi tiap 8 tahun dan 105,5 tahun atau 8 tahun dan 121,5 tahun terhadap transit Venus sebelumnya. Semua tahun tersebut dinyatakan dalam tahun Bumi⁴². Dan sebuah transit Venus dengan geometri tertentu akan berulang kembali setiap 243 tahun Bumi sekali. Angka 243 ini berasal dari hasil penjumlahan $8 + 105,5 + 8 + 121,5$. Pola-pola ini mengekspresikan resonansi orbital antara Bumi dan Venus yang nilainya $8 : 13$ dan $243 : 395$. Maksudnya, tiap kali Bumi tepat telah 8 kali mengelilingi Matahari dalam orbitnya, maka Venus pun tepat telah 13 kali mengelilingi Matahari. Demikian pula setiap kali Bumi tepat telah 243 kali mengelilingi Matahari dalam orbitnya, maka Venus pun tepat telah 395 kali mengelilingi Matahari. Perulangan 243 tahun Bumi sekali ini tepat senilai 152 kali selisih waktu antara dua peristiwa konjungsi bawah Venus yang berurutan.

⁴² Tahun Bumi : satuan masa yang dinyatakan dalam periode revolusi Bumi, dimana 1 tahun = 365,25 hari Bumi.

Pola perulangan transit Venus setiap 8 tahun Bumi dan 105,5 tahun Bumi atau 8 tahun Bumi dan 121,5 tahun Bumi setelah transit Venus sebelumnya dikenal sebagai pola 8–105,5–8–121,5. Pola ini tidak berlangsung untuk seterusnya. Dalam katalog transit Venus untuk beberapa milenium terakhir menurut Jean Meeus, sebelum transit Venus 1518 pola yang berlaku adalah 8–113,5–121,5. Dan jauh hari sebelumnya, yakni sebelum transit Venus 546 pola perulangannya 121,5–121,5. Pola perulangan transit Venus saat ini akan berakhir pada transit Venus 2846 kelak, digantikan oleh pola baru 105,5–129,5–8. Nampak jumlah angka dalam setiap pola senantiasa sama dengan 243 tahun Bumi, yang menjadi angka istimewa bagi peristiwa transit Venus. Pola-pola ini menunjukkan bahwa sebagian besar transit Venus merupakan peristiwa langit yang amat jarang terjadi dan bisa melampaui umur satu generasi. Misalnya transit Venus 2012, yang didahului oleh transit Venus 2004, namun berselisih cukup lama dengan transit Venus 1882.

Seperti halnya Gerhana Matahari atau Bulan yang memiliki seri Saros, transit Venus pun mempunyai seri sendiri yang dikenal sebagai seri transit. Transit Venus yang memiliki seri transit sama akan mempunyai geometri transit yang hampir sama pula, khususnya dalam posisi Matahari. Transit Venus 2012 misalnya, terjadi pada saat posisi Matahari pada deklinasi 22,68 derajat dan *right ascension* 4,97 jam dalam rasi Taurus. Sementara transit Venus 1769 yang serinya sama terjadi kala posisi Matahari berbeda sedikit, yakni pada deklinasi 22,44 derajat dan *right ascension* 4,80 jam. Dalam sebuah seri transit yang sama, perbedaan didalamnya hanyalah pada jarak terkecil antara pusat cakram Matahari

dan pusat cakram Venus. Dalam seri transit ketujuh misalnya yang dimulai sejak transit Venus 554, jarak terkecil tersebut itu terus menurun nilainya dari 933,6 detik busur pada



Gambar 3.4.
Panorama langit di latar belakang transit Venus 1769 (atas) dan 2012 (bawah). Nampak posisi Matahari pun hampir menempati titik yang sama dalam rasi Taurus.

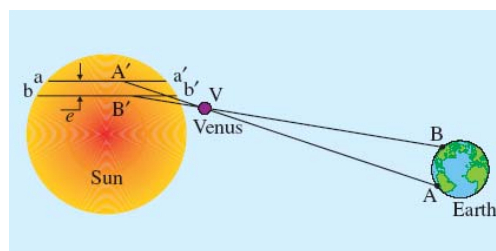
Sumber : Sudibyo, 2012 berdasarkan *Starry Night*.

transit Venus 554 (artinya, Venus melintas di tepian cakram Matahari) menjadi hanya 2,7 detik busur pada transit Venus 5900 (artinya, Venus melintas di pusat cakram Matahari).

Sebuah seri transit bisa memiliki rentang waktu sangat lama. Seri transit kelima misalnya, dimulai sejak 3100 STU dan berakhir pada 3705 TU atau memiliki rentang waktu 6.804 tahun yang mencakup 29 peristiwa transit. Rentang waktu terpanjang dimiliki seri transit kesembilan, yang dimulai sejak 5269 TU dan berlanjut selama 22.600 tahun kemudian dengan mencakup 94 peristiwa transit.

Posisi titik nodal Venus juga berubah seiring perjalanan waktu. Lima ratus tahun silam, posisi titik nodal Venus terjadi pada tanggal 21 Mei dan 19 Desember atau sekitarnya sehingga transit Venus pun terjadi pada saat itu. Namun pada saat ini posisi titik nodal telah bergeser ke sekitar tanggal 7 Juni dan 9 Desember. Dalam 1.500 tahun mendatang, posisi titik nodal Venus akan bergeser lagi sehingga berada di sekitar tanggal 21 Juni dan 22 Desember.

3. Transit Venus dan Pemahaman Tata Surya Kita



Gambar 3.5.

Skema perbedaan keterlihatan transit Venus antara pengamat A dan B yang berjauhan letaknya di Bumi (*Earth*). A menyaksikan Venus melintas Matahari (*Sun*) melalui rute a-a', sementara B melalui b-b'.

Sumber :Simaan, 2004.

Meski amat jarang terjadi, transit Venus merupakan salah satu peristiwa yang turut membentuk pemahaman akan tata surya kita menjadi lebih baik. Nilai ilmiah terpenting peristiwa transit Venus adalah memungkinkan kita mengukur jarak Bumi–Matahari dengan sangat teliti. Sehingga mendefinisikan kembali dengan lebih teliti nilai 1 satuan astronomis (*astronomical unit*), yang merupakan jarak rata-rata orbit Bumi terhadap (pusat) Matahari. Sebuah transit Venus memungkinkan kita menentukan paralaks Matahari lebih teliti, yakni beda lihat

posisi Matahari oleh pengamat di Bumi yang berkedudukan di pusat (inti) Bumi dan di permukaan Bumi. Saat nilai paralaks Matahari telah diketahui, maka jarak Bumi–Matahari pun dengan mudah dihitung lewat prinsip trigonometri sederhana.

Sebelum fenomena transit Venus diketahui, paralaks Matahari telah dicoba diukur sejak 24 abad silam tepatnya sejak masa Aristarchus (abad ke-3 STU). Saat itu Aristarchus mendapati jarak Bumi–Matahari sebesar 2,96 juta km atau hanya 1,55 % nilai modern. Claudius Ptolomeus yang melakukan pengukuran ulang di abad ke-2 STU mendapati nilai jarak Bumi–Matahari hanya 7,97 juta km (21 kali jarak Bumi–Bulan). Jarak yang ‘kecil’ ini mungkin turut mendorong Ptolomeus mengambil kesimpulan salah tentang tata surya, dimana Bumi dianggap sebagai pusat tata surya (model geosentrik⁴³). Pengukuran ulang paralaks Matahari di masa Copernicus pun menjumpai nilai jarak Bumi–Matahari tidak jauh berbeda, yakni ‘hanya’ 9,57 juta km.

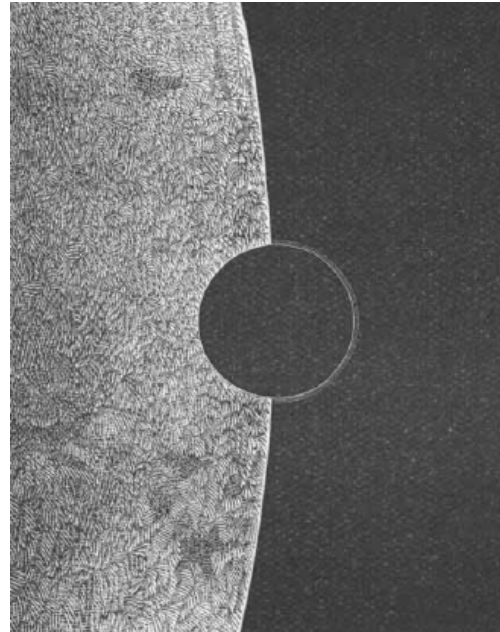
⁴³ Model geosentrik : model tata surya yang menyatakan Bumi sebagai pusat tata surya sehingga anggota-anggota tata surya (termasuk Matahari) bergerak mengedari Bumi. Pertama kali diperkenalkan Claudius Ptolomeus dan bertahan hingga 16 abad kemudian sebelum ditumbangkan model heliosentrik yang lebih sesuai dengan pengamatan astronomi.

Angka ini berubah total saat fenomena transit Venus diketahui. Dengan menggunakan data-data dari transit Venus 1761 dan transit Venus 1769, perhitungan astronom Jerome Lalande (Perancis) menunjukkan jarak Bumi-Matahari ternyata jauh lebih besar dibanding nilai yang semula diketahui, yakni 153 juta km. Langkah ini diulangi kembali pada transit Venus 1874 dan transit Venus 1882. Data-data dari kedua peristiwa transit tersebut memungkinkan astronom Simon Newcomb (AS) menghitung-ulang jarak Bumi-Matahari dengan ketelitian lebih tinggi, yakni sebesar 149,59 juta km. Nilai ini kemudian disahihkan oleh pengukuran modern berbasis observasi radar dan telemetri wahana-wahana antariksa penjelajah tata surya.

Transit Venus juga menjadi salah satu peristiwa langit yang mengesahkan Venus beredar mengelilingi Matahari (model heliosentrik). Transit Venus selalu terjadi berselang beberapa hari setelah Venus terlihat sebagai sabit paling tipis dengan diameter nampak terbesar. Beberapa hari pasca transit, fenomena serupa terlihat kembali, hanya saja orientasi sabit Venus berbanding terbalik dibanding kondisi pra-transit. Pengamatan jangka panjang fase-fase Venus memperlihatkan Venus nyaris bulat (purnama) justru saat diameter nampaknya paling kecil sehingga sangat berbeda dibanding fase-fase Bulan. *Plotting* posisi fase-fase Venus relatif terhadap posisi Matahari menunjukkan



Gambar 3.7.
Efek tetesan hitam (*black drop*) menjelang kontak III transit Venus 2004.
Sumber :Simaan, 2004.



Gambar 3.6.
Sketsa cincin sinar yang menyelubungi Venus tatkala transit Venus mulai terjadi, yang membuktikan keberadaan atmosfer Venus.
Sumber :Sky & Telescope, Juni 2001.

planet ini memang beredar mengelilingi Matahari. Hal ini pertama kali disadari astronom Ibn Sina pasca transit Venus 1032.

Transit Venus juga menjadi membuktikan eksistensi atmosfer Venus. Dalam transit Venus 1761, astronom Mikhail Lomonosov (Rusia) dari observatorium St. Petersburg mengamati adanya pembiasan sinar Matahari di sekitar cakram Venus tepat saat kontak I. Pembiasan tersebut menghasilkan cincin bersinar (*halo*) yang menyelubungi Venus. Namun sejak terjadinya kontak II hingga III, cincin bersinar itu tak nampak. Cincin mulai nampak kembali saat kontak IV terjadi. Lomonosov menyimpulkan

cincin bersinar tersebut hanya bisa terbentuk jika Venus diselubungi atmosfer yang tebal. Transit–transit Venus selanjutnya mengonfirmasi penemuan ini.

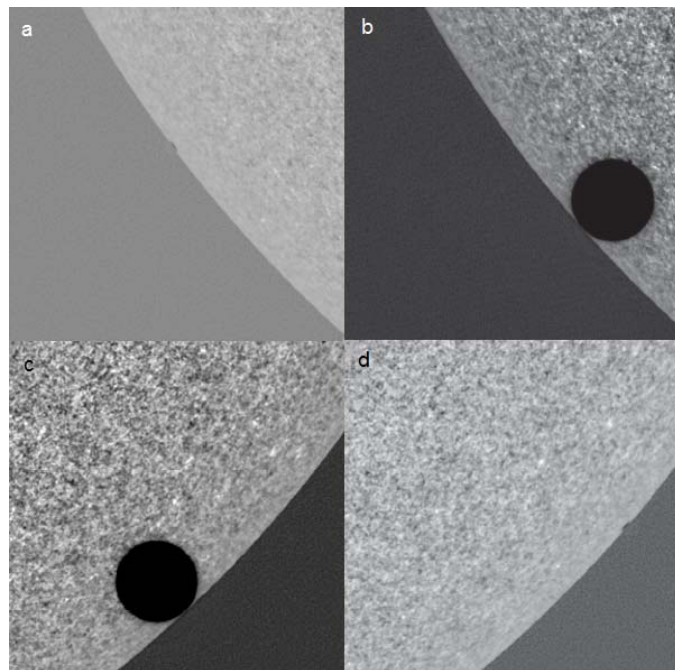
Keberadaan atmosfer Venus sempat dianggap membuat kapan terjadinya kontak II dan III jadi agak sulit diamati karena terjadinya efek “tetesan hitam” (*black drop*), yang pertama kali diketahui dalam transit Venus 1761. Namun belakangan diketahui efek ini disebabkan turbulensi atmosfer Bumi atau ketidaksempurnaan dalam instrumen teleskop yang digunakan. Pengamatan transit Venus 2004 berbasis satelit menunjukkan efek “tetesan hitam” tak teramati dari langit.

4. Transit Venus dan Pencarian Planet–Planet di Luar Tata Surya Kita

Peristiwa transit Venus menemukan momentum barunya seiring transit Venus 2004. Inilah transit Venus pertama di era penerbangan antariksa, sehingga memungkinkan pengamatan dari angkasa khususnya melalui satelit–satelit observasi Matahari. Ini juga menjadi transit Venus pertama di tengah kemajuan–kemajuan besar dalam instrumentasi astronomi dan gencarnya pencarian sistem tata surya non–Matahari beserta planet–planet luarbuminya.

Keberadaan tata surya non–Matahari telah diestimasikan sejak lama. Diperkirakan dalam tiap 1.000 bintang yang ada dalam galaksi Bima Sakti kita, sebuah diantaranya memiliki sistem keplanetan menyerupai tata surya kita. Namun hal ini tetap sebatas dugaan saja sampai 1992 TU, saat astronom Alexander Wolszczan dan Dale Frail menggemparkan dunia dengan publikasi penemuan sistem keplanetan di bintang neutron⁴⁴ PSR 1257 + 12 yang berjarak 2.000 tahun sinar dari Bumi kita di rasi Virgo.

Sistem keplanetan tersebut terdiri dari dua buah planet, masing–masing dengan massa 4,3 dan 3,9 Bumi kita, yang mengorbit pada jarak rata–rata masing–masing 54



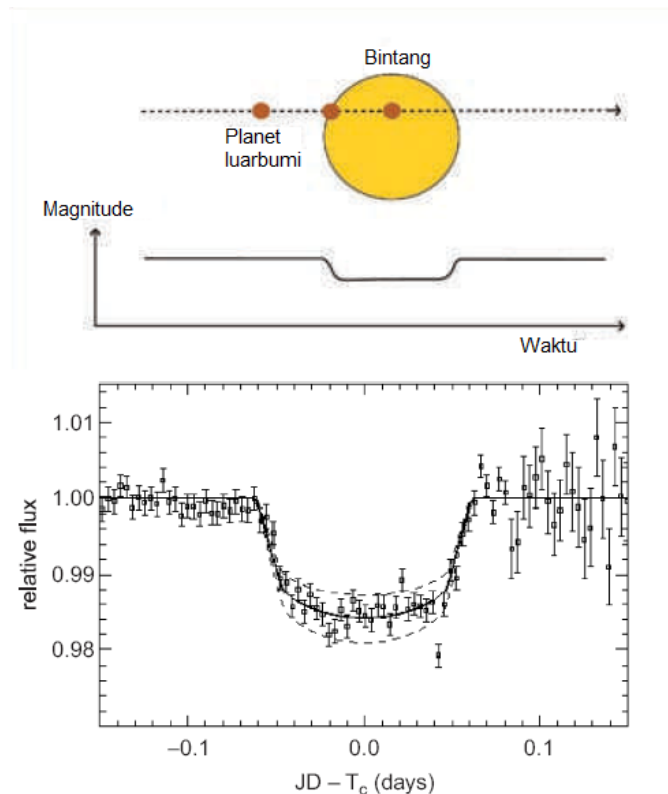
Gambar 3.8.

Pemandangan transit Venus 2004 diabadikan oleh satelit TRACE dalam kontak I (a), II (b), III (c) dan IV (d).

Sumber : NASA, 2004.

⁴⁴ Bintang neutron : sisa inti bintang bermassa 8 hingga 12 kali Matahari yang telah mengalami supernova. Inti yang mengerut sangat kecil menyebabkan tekanan gravitasi sangat hebat sehingga seluruh unsur penyusun inti bintang terurai menjadi proton yang lantas bereaksi dengan elektron membentuk neutron. Sebuah bintang neutron berdiameter rata–rata hanya 10 km, namun kerapatannya setara dengan kerapatan inti atom.

juta km dan 69 juta km dari bintang neutron PSR 1257 + 12. Belakangan planet ketiga dan keempat, dengan massa masing-masing hanya 2 % Bumi kita (2 kali massa Bulan) dan 0,04 % Bumi kita (20 % massa Pluto) ditemukan mengorbit sejauh rata-rata masing-masing 28,5 juta km dan 390 juta km. Seluruh planet ini membutuhkan waktu masing-masing 25, 66, 98 dan 1.250 hari Bumi guna mengelilingi bintang neutron PSR 1257 + 12 sekali putaran. Penemuan ini dimungkinkan lewat teknik goyangan Doppler⁴⁵, dimana Wolszczan dan Frail menganalisis anomali dalam pulsa-pulsa elektromagnetik sangat teratur yang dipancarkan bintang pulsar PSR 1257 + 12 menggunakan teleskop radio Arecibo (Puerto Rico).



Gambar 3.9.

Atas : pengaruh transit planet terhadap penurunan tingkat terang (magnitudo) bintang induknya. Fenomena ini berlaku umum, baik dalam transit Venus maupun planet luarbumi. Bawah : pola penurunan magnitudo bintang HD 209458 saat transit planet luarbuminya yang massanya 70 % Jupiter dan mengorbit pada jarak 11 % jarak Merkurius-Matahari.

Sumber : Morison, 2008 & Eales, 2009.

Transit Venus menyediakan kesempatan untuk menguji sistem dan instrumen pelacakan planet luarbumi lewat metode transit planet. Selama berlangsungnya transit Venus, sekitar 0,09 % cakram Matahari akan tertutupi bundaran Venus yang gelap.

Masalahnya, meski hingga kini sudah ratusan planet luarbumi ditemukan dan ribuan masih menunggu konfirmasi, belakangan para astronom menyadari penemuan Wolszczan dan Frail hanyalah keberuntungan. Evolusi bintang massif membuat keberadaan sistem keplanetan pada bintang neutron merupakan peristiwa amat langka. Hingga kini memang telah dikembangkan beragam metode guna mendeteksi planet luarbumi, mulai dari goyangan Doppler, efek mikrolensa gravitasi⁴⁶ ataupun transit planet. Namun metode-metode ini hanya ampuh untuk menemukan planet luarbumi seukuran Jupiter atau Saturnus kita. Sementara planet-planet luarbumi yang lebih kecil dibanding Jupiter atau Saturnus, bahkan yang seukuran Bumi kita atau lebih kecil lagi, diduga cukup berlimpah.

⁴⁵ Goyangan Doppler : perubahan yang bersifat periodik pada kecepatan radial suatu bintang oleh penyebab tertentu, misalnya keberadaan sistem keplanetan.

⁴⁶ Mikrolensa gravitasi : situasi dimana sebuah benda langit massif (yang tak nampak oleh mata) yang lebih ringan ketimbang Matahari membelokkan sinar bintang-bintang yang jauh di latar belakangnya.

Kondisi ini akan menyebabkan turunnya kecemerlangan cakram Matahari, meski sangat kecil, sehingga terdapat penurunan tingkat terang semu Matahari sebesar 0,1 %. Jika kita mampu mengembangkan instrumen yang demikian sensitif sehingga mampu mendeteksi penurunan tingkat terang sekecil itu, maka akan lebih banyak lagi planet-planet luarbumi seukuran Bumi kita yang bisa ditemukan di luar sana. Saat ini instrumentasi metode transit planet baru sanggup mendeteksi penurunan tingkat terang bintang hingga 1 % saja, sehingga ukuran planet luarbumi yang ditemukannya masih sepersepuluh ukuran bintangnya, atau seukuran Jupiter maupun Neptunus.

5. Transit Venus dalam Sejarah

Transit Venus pertama kali dilaporkan astronom Ibn Sina pada 24 Mei 1032 TU, terjadi selepas tengah hari hingga Matahari terbenam. Dari transit ini dan rangkaian pengamatan Venus sebelumnya, Ibn Sina menyimpulkan Venus lebih dekat ke Bumi dibanding jaraknya ke Matahari. Ibn Sina juga menyimpulkan, pada waktu tertentu Venus berada di belakang Matahari (dalam perspektif kita di Bumi), meski pengetahuan ini tak dikembangkan lebih lanjut guna mengkritisi model geosentrik yang dominan saat itu. Pada abad ke-11 TU, pengamatan dari Andalusia (Spanyol) melaporkan adanya dua bintik hitam di wajah Matahari dan dalam dua abad kemudian, astronom ash-Shirazi dari observatorium Maragha (Persia) menyimpulkan salah satu bintik hitam itu adalah transit Venus 1153, yang terjadi pada 23 November 1153 TU sore hari waktu Andalusia.

Di Eropa, astronom Johannes Kepler pada 1629 TU melalui *Rudolphine Tables*-nya mengumumkan bakal terjadinya transit Merkurius dan transit Venus, masing-masing pada 7 November 1631 TU dan 7 Desember 1631 TU. Tanpa mengetahui pekerjaan Ibn Sina berabad sebelumnya, Kepler mengumumkan peristiwa itu tak pernah diketahui sebelumnya dan merupakan peristiwa langit tak biasa karena jarang terjadi, khususnya untuk transit Venus. Kepler tak sempat menyaksikan keduanya (wafat pada 1630 TU) dan perhitungannya sedikit meleset. Transit Venus sebenarnya terjadi pada dinikmati kala Matahari belum terbit dari Eropa, sehingga Pierre Gassendi yang menanti di observatorium Paris pun kece. Barulah pada transit Venus 1639 pengamatan pertama berhasil dilakukan Jeremiah Horrocks, astronom muda belia dari Inggris, yang berhasil memprediksikan bakal terjadinya transit Venus 1639 hanya dalam sebulan sebelumnya. Transit Venus terlihat jelas di sela-sela awan dalam satu setengah jam sebelum Matahari terbenam. Tragisnya, Horrocks keburu wafat sehingga publikasi keberhasilannya baru terlaksana pada 1661 TU.

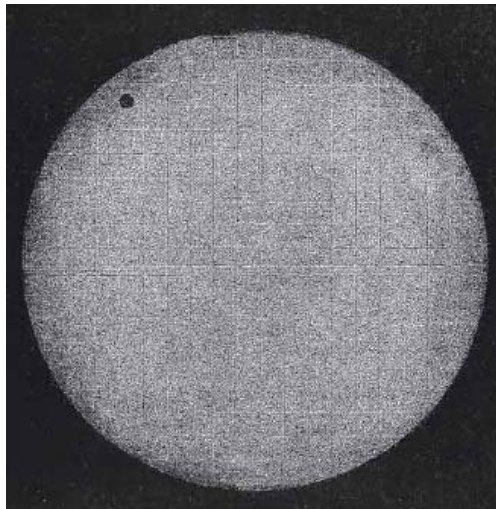
Transit Venus 1761 menjadi benih persemaian kerjasama ilmiah internasional. Perhitungan dan metode baru disiapkan oleh Edmund Halley, astronom legendaris Inggris. Tim gabungan astronom dan penjelajah pun siap dikirim ke Siberia, Norwegia,



Gambar 3.10.
Sketsa pengamatan transit Venus 1639 oleh
Horrocks.
Sumber :Wikipedia, 2011.

Newfoundland, Afrika Selatan dan Madagaskar. Namun hambatan utama datang dari geopolitik Eropa yang tengah bergolak akibat Perang Tujuh Tahun antara Inggris dan Perancis. Ekspedisi Galaiserre (Perancis) ke Pondicherry (India) gagal kala kota itu jatuh ke tangan Inggris. Sebaliknya ekspedisi Guy Pingre (Perancis) juga berantakan oleh serbuan bajak laut Inggris. Pun demikian ekspedisi Mason–Dixon (Inggris), yang ditembaki angkatan laut Perancis saat mencoba mendekat ke tanjung Harapan (Afrika Selatan) hingga menewaskan 11 anak buahnya. Dengan semua kesulitan itu akhirnya pengamatan dapat dilakukan pada lebih dari 60 titik, yang menghasilkan lebih dari 120 data.

Transit Venus 1769 berlangsung lebih baik. Ekspedisi dilakukan ke teluk Hudson (Canada), California, Norwegia dan Samudera Pasifik. Pengamatan cukup baik berlangsung di Tahiti oleh tim ekspedisi armada Inggris dipimpin kapten James Cook⁴⁷. Tim Galaiserre kembali gagal di Pondicherry, meski kali ini akibat mendung. Sedangkan tim d'Auteroche terbantai habis tanpa sisa oleh wabah penyakit yang berkecamuk di daratan California, meski pengamatannya mencetak sukses. Transit Venus 1769 juga menjadi perhatian aristokrasi Eropa, seperti raja George III (Inggris), ratu Katarina yang Agung (Rusia) dan raja Charles VII (Denmark–Norwegia). Dari 77 titik didapat lebih dari 150 data.



Gambar 3.11.

Foto transit Venus 1874, salah satu foto benda langit paling awal dalam sejarah astronomi.

Sumber :Sky & Telescope, Juni 2001.

Transit Venus 1874 terjadi di awal kelahiran teknologi fotografi. Astronom dan penjelajah pun dikirim ke berbagai penjuru. Perancis mengirimkan timnya ke Jepang, Cina, Indocina dan Samudera Pasifik. Sementara Inggris mengirim 8 tim sekaligus menuju Selandia Baru dan Mesir. AS mulai melibatkan diri dengan mengirim tim ke Rusia timur, Cina, Selandia Baru dan kepulauan Kerguelen. Namun foto–foto transit Venus yang berhasil diperoleh terlalu kabur. Barulah pada transit Venus 1882 fotografi menunjukkan kemampuannya. Tim–tim astronom yang dikirimkan Inggris, Perancis dan AS ke Argentina, Brazil, Afrika Selatan dan Selandia Baru menyajikan hasil amat mengesankan. Angka paralaks Matahari pun didapat

dengan ketelitian amat tinggi. Peristiwa transit Venus 1882 demikian gegap gempita sehingga komposer John Phillip Sousa sampai mengarang lagu Mars Transit Venus untuk menyambutnya. Tragisnya, lagu ini tidak sempat dipublikasikan dan baru pada 2003 TU transkripnya ditemukan kembali di perpustakaan Kongres AS, yang kemudian digunakan untuk menyambut peristiwa Transit Venus 2004.

6. Indonesia dan Transit Venus, Kisah Johann Mauritz Mohr

⁴⁷ Ekspedisi ini merupakan ekspedisi pertama James Cook. Pada ekspedisinya yang ketiga, Cook terbunuh di tangan penduduk pribumi Hawaii karena suatu perselisihan.

Transit Venus 1761 dan 1769 menempatkan Indonesia, yang saat itu masih daerah jajahan Belanda dan dikenal sebagai Hindia-Belanda, ke dalam pentas sejarah ilmu pengetahuan dunia. Indonesia turut mengamati transit Venus 1761 dan 1769 yang menjadi perhatian dunia. Semua itu atas jasa seorang Johann Mauritz Mohr.

Johann Mauritz Mohr adalah seorang keturunan Belanda-Jerman yang lahir di Eppingen (Belanda) pada 18 Agustus 1716 TU. Ia belajar di Universitas Gottingen mulai 1733 TU dan memperlihatkan ketertarikannya pada dunia astronomi, meteorologi dan vulkanologi⁴⁸. Seperti halnya pemuda Belanda lainnya pada masanya, ia tertarik dengan tanah jajahan di seberang lautan dan memutuskan pindah ke sana. Pada 1737 TU, Mohr tiba di Batavia (sekarang Jakarta) dan tinggal di kawasan Mollenvliet⁴⁹, tepatnya di sebelah utara wihara Kim Tek I atau Cin te Yuen atau Jinde Yuen⁵⁰. Sehari-harinya Mohr bertugas sebagai pastor bagi gereja Katolik Santa Maria de Fatima yang berdiri di samping rumahnya.



Gambar 3.12.

Citra satelit kawasan Petak Sembilan (Jakarta Barat) yang memperlihatkan tapak wihara Kim Tek I (1) dan bekas bangunan observatorium Mohr (2). Nampak pula pusat perdagangan Glodok (3).

Sumber : Sudibyo, 2009 berdasarkan *Google Maps*.

Saat terjadi transit Venus 1761, sebuah tim gabungan Hindia-Belanda beranggotakan Mohr, Gerrit de Haan (kepala departemen pemetaan Batavia) dan Pieter Jan Soele (kapten kapal VOC) melaksanakan pengamatan di pinggiran utara Batavia pada 6 Juni 1761 TU. Pengamatan dilaksanakan di sebidang tanah luas di tepi pantai, tidak jauh dari menara Syahbandar pelabuhan Sunda Kelapa dengan bersenjatakan dua buah teleskop Gregorian⁵¹, masing-masing memiliki panjang fokus 45,72 cm dan 68,58 cm. Observasi ini mencetak sukses.

Kecintaannya akan astronomi, apalagi mengetahui bakal terjadi kembali peristiwa transit Venus yakni di tahun 1769 TU membuat Mohr memutuskan untuk membangun sebuah observatorium yang pertama di Indonesia. Pembangunan dimulai pada 1765 TU di tempat tinggalnya, yang direnovasi demikian rupa sehingga menjulang setinggi 24 meter dengan atap datar. Observatorium ditempatkan di atap datar itu. Saat usai pada 1768 TU, segera gedung ini menjadi gedung tertinggi di Hindia-Belanda.

⁴⁸ Salah satu catatan penting Mohr adalah deskripsi peristiwa meletusnya Gunung Papandayan yang tak biasa pada Agustus 1772 TU.

⁴⁹ Sekarang menjadi kawasan Petak Sembilan di Jakarta Barat.

⁵⁰ Kini menjadi wihara Dharma Bhakti.

⁵¹ Teleskop Gregorian : teleskop pemantul (reflektor) dengan struktur yang disarankan oleh astronom James Gregory pada abad ke-17 TU. Teleskop ini 'melipat' berkas sinar yang masuk ke dalamnya sehingga ukurannya lebih pendek ketimbang teleskop reflektor biasa yang disarankan Isaac Newton.

Karena itu jalan kecil didekatnya pun dinamakan *Torenlaan* atau jalan Menara, yang kemudian dilafalkan penduduk setempat sebagai gang Torong⁵². Observatorium ini dilengkapi instrumen terbaik pada masanya. Selain mengamati bintang, Mohr juga mencatat dinamika cuaca Batavia serta mengukur deklinasi magnetiknya dari waktu ke waktu.

Pengamatan transit Venus 1769 terlaksana dengan baik pada 4 Juni 1769 TU meski langit Batavia sedikit berawan. Karena transit Venus sudah terjadi sebelum Matahari terbit, maka Mohr hanya mencatat waktu kontak III (pukul 08:30:13) dan kontak IV (08:30:31). Berselang lima bulan kemudian, Mohr juga melaksanakan pengamatan transit Merkurius (10 November 1769 TU) yang juga sudah terjadi sebelum Matahari terbit, sehingga hanya waktu kontak III (pukul 07:33:32) dan kontak IV (pukul 07:35:12) yang dicatat. Dalam perjalanan pulang dari Tahiti, tim ekspedisi James Cook singgah di Batavia dan bertukar informasi dengan Mohr, sehingga hasil-hasil pengamatan Mohr pun dipublikasikan dalam perhimpunan ilmiah prestisius yakni *Royal Society of London*.



Gambar 3.13.

Pemandangan bagian depan wihara Kim Tek I (dari arah timur) berdasarkan sketsa Johannaes Rach. Di latar belakang kanan nampak observatorium Mohr menjulang tinggi.

Sumber : Anonim, 2009.

Peran gemilang observatorium Mohr berakhir setelah Mohr meninggal dunia pada 25 Oktober 1775 TU. Gempa kuat Batavia 1780 merobohkan observatorium ini. Sepeninggal istrinya (wafat 1782 TU), kediaman Mohr yang sudah direnovasi pasca gempa beralih menjadi kantor dan barak tentara (1809 TU) sebelum kemudian

⁵² Nama gang Torong hingga kini masih ada, terletak di jalan Kemenangan Raya, Petak Sembilan, Jakarta Barat.

dirobohkan. Pada 1844 TU observatorium hanya tinggal pondasinya saja. Kini di lokasi tersebut berdiri kompleks SD Katolik Ricci I.

7. Transit Venus dalam 1.000 Tahun Mendatang

Dalam kurun waktu 15.000 tahun yakni antara 5000 STU hingga 10000 STU, Bumi kita bakal mengalami 178 transit Venus. Durasi transit terpanjang telah terjadi pada 19 Mei 3837 STU yakni 8 jam 9 menit 48 detik, sementara transit terpendek akan terjadi pada 14 Desember 2854 TU kelak, yakni hanya selama 26 menit 4 detik. Ditinjau dari puncak transisinya, maka transit Venus dengan jarak pisah terpendek antara pusat cakram Matahari dengan pusat cakram Venus bakal terjadi pada 19 Juli 6872 TU kelak yakni hanya sejauh 1,1 detik busur. Sehingga Venus hampir tepat melintasi tengah-tengah cakram Matahari. Sementara transit Venus dengan jarak pisah terbesar terjadi pada 14 Desember 2854 TU kelak, yakni sejauh 1.026,7 detik busur. Sehingga Venus hanya memintas di dekat batas tepian cakram Matahari.

Daftar transit Venus selama selama 1.000 tahun mendatang terhitung sejak tahun 2000 TU adalah sebagai berikut :

Tabel 5 : Transit Venus dalam 1.000 tahun ke depan

No	Tanggal	Puncak (WIB)	Durasi Transit	Seri Transit
1.	8 Juni 2004 TU	15:21	6 jam 18 menit	5
2.	6 Juni 2012 TU	08:31	6 jam 44 menit	7
3.	11 Desember 2117 TU	09:52	5 jam 48 menit	8
4.	8 Desember 2125 TU	23:06	5 jam 42 menit	6
5.	11 Juni 2247 TU	18:42	5 jam 51 menit	5
6.	9 Juni 2255 TU	11:48	7 jam 03 menit	7
7.	13 Desember 2360 TU	08:59	6 jam 29 menit	8
8.	10 Desember 2368 TU	22:00	4 jam 45 menit	6
9.	12 Juni 2490 TU	21:40	5 jam 25 menit	5
10.	10 Juni 2498 TU	14:49	7 jam 16 menit	7
11.	16 Desember 2603 TU	07:44	7 jam 03 menit	8
12.	13 Desember 2611 TU	21:06	3 jam 24 menit	6
13.	16 Juni 2733 TU	01:01	4 jam 45 menit	5
14.	13 Juni 2741 TU	18:00	7 jam 29 menit	7
15.	17 Desember 2846 TU	07:05	7 jam 24 menit	8
16.	14 Desember 2854 TU	20:14	0 jam 27 menit	6
17.	17 Juni 2976 TU	03:53	4 jam 14 menit	5
18.	14 Juni 2984 TU	20:59	7 jam 38 menit	7

1. Jangan Mengamati Secara Langsung !

Sebagai peristiwa langit yang teramat langka dan bahkan takkan terulang lagi sepanjang hayat, dapatkah kita turut berpartisipasi menyaksikan Transit Venus 2012?

Tentu saja dapat. Apalagi Transit Venus 2012 merupakan peristiwa langit kasat mata karena melibatkan benda–benda langit yang ukuran kenampakannya cukup besar untuk kita lihat dari Bumi, yakni Matahari dan Venus. Namun karena menyertakan Matahari, maka pengamatan Transit Venus mempunyai peraturannya sendiri yang spesifik. Peraturan ini ditegakkan semata–mata untuk menjamin keselamatan kita sendiri khususnya indera penglihatan (mata) kita.

Transit Venus sejatinya adalah pengamatan terhadap Matahari sehingga tak jauh berbeda dengan pengamatan Gerhana Matahari (khususnya Gerhana Matahari Cincin) maupun bintik Matahari (*sunspot*). Selain sebagai pusat tata surya, Matahari juga merupakan bintang terdekat dengan Bumi kita sekaligus juga sumber utama energi dalam tata surya. Sehingga Matahari merupakan benda langit paling terang bagi kita. Setiap detiknya Matahari mengubah 4,28 juta ton massanya menjadi energi sebanyak 385 trilyun–trilyun Joule lewat reaksi fusi termonuklir yang berlangsung di inti Matahari dalam pengaruh suhu dan tekanan sangat tinggi. Seluruh energi Matahari ini dipancarkan keluar sebagai gelombang elektromagnetik (foton) dalam beragam spektrum, mulai dari gelombang panjang⁵³ hingga sinar gamma⁵⁴.



Gambar 4.1.

Spektrum sinar Matahari. Garis–garis hitam pada warna–warna tersebut adalah garis–garis Fraunhofer.

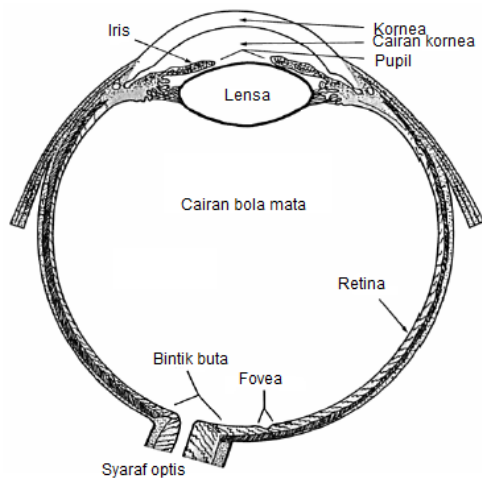
Sumber : Morison, 2008.

Hanya sebagian sangat kecil dari rangkaian spektrum gelombang elektromagnetik ini yang bisa kita lihat, yang kita kenal sebagai sinar tampak. Sinar tampak merupakan sinar yang sering kita kenal sebagai warna pelangi (yakni sinar merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu). Sebelah–menyebelah dengan spektrum sinar tampak ini terdapat dua spektrum sinar lainnya yang sama–sama tak kasat mata namun berbeda sifatnya. Berbatasan dengan sinar merah terdapat spektrum sinar inframerah yang terkenal sebagai panas (sinar termal), sementara berbatasan

⁵³ Gelombang panjang : gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang paling besar (hingga beberapa puluh atau ratus km) dan frekuensi terkecil sehingga memiliki energi per unit yang terkecil.

⁵⁴ Sinar gamma : gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang paling kecil dan frekuensi terbesar sehingga memiliki energi per unit yang terbesar.

dengan sinar ungu tepatnya pada panjang gelombang antara 200 nm⁵⁵ hingga 380 nm terdapat spektrum sinar ultraungu (*ultraviolet*). Dengan energi per unit lebih besar maka sinar ultraungu memiliki efek kimiawi lebih besar dibanding sinar tampak maupun inframerah.



Gambar 4.2.
Penampang melintang bola mata.
Sumber : Arumaningtyas, 2009.

Kita mampu menyaksikan benda apapun sebagai akibat dari adanya pancaran ataupun pantulan sinar tampak (dari suatu sumber) terhadapnya sehingga sinar tersebut memasuki mata kita. Mata adalah detektor optik mengagumkan, yang terdiri dari kornea, iris, pupil, lensa mata dan retina. Kornea merupakan bagian terluar yang bening dan bertugas menerima sinar sekaligus melindungi iris dan lensa mata. Iris mengatur lama bukaan pupil dan jumlah sinar yang masuk, sementara lensa mata bertugas memfokuskan sinar agar tepat jatuh di retina. Dan retina bertugas menerima sinar terfokus dari lensa dan mengubahnya sinyal-sinyal elektrik untuk disalurkan ke otak guna membentuk imaji tiga dimensi.

Kita bisa menganalogikan kornea, iris, lensa mata dan retina dengan kolimator, *aperture*, lensa dan sensor CCD (*charged couple device*) pada kamera digital modern.

Retina terdiri atas sel-sel batang dan kerucut. Konsentrasi sel kerucut tertinggi berada di *fovea*⁵⁶, yang memungkinkan kita mengamati detail obyek dengan maksimal dalam perspektif tiga dimensi, terutama karena sel kerucut lebih sensitif dalam kondisi redup. Pada kondisi pensinaran terang, sel kerucut memberikan respon maksimum di sekitar panjang gelombang 560 nm atau pada sinar jingga-kuning. Sementara pada kondisi pensinaran redup, sel batang-lah yang memberikan respon maksimum khususnya di sekitar panjang gelombang 500 nm atau pada sinar hijau. Namun sebagai sel yang sangat sensitif terhadap sinar, baik sel batang maupun sel kerucut berpotensi mengalami kerusakan bila mendapatkan paparan sinar ultraungu berlebihan. Paparan sinar ultraungu pada retina menyebabkan terjadinya reaksi kimiawi yang mempercepat penuaan lapisan mata sehingga mengakibatkan retina terpenggang. Hal ini akan berdampak pada semakin berkurangnya ketajaman penglihatan, yang dapat berakhir pada kebutaan temporer maupun permanen. Susahnya lagi, tak ada mekanisme internal dalam tubuh kita yang mampu “memberitahu” terjadinya kerusakan sel-sel ini (misalnya rasa panas atau sakit), kecuali pandangan yang berkurang dan menghilang.

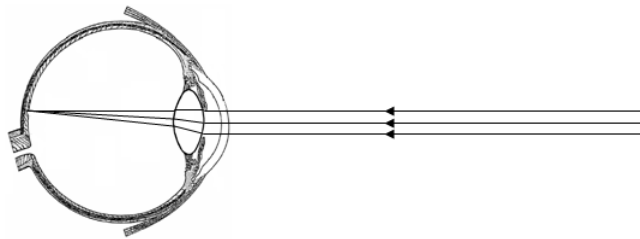
Bila kita mencoba menatap Matahari, terangnyanya sinar membuat iris secara refleks mencoba menutupi lensa mata sehingga bukaan pupil menjadi terkecil. Selain itu kedipan mata juga akan terjadi lebih sering, sebagai mekanisme pengaman lainnya. Sebaliknya ketika kita menatap ke langit malam, iris secara refleks akan membuka lensa mata lebar-lebar dan memperjarang kedipan mata sehingga bukaan pupil akan paling maksimum. Refleks tersebut dilakukan untuk menjaga agar jumlah sinar yang masuk ke

⁵⁵ nm : nanometer, dimana 1 nm setara dengan sepermilyar meter.

⁵⁶ Fovea : titik dengan ketajaman visual terbesar sekaligus pusat fokus lensa mata.

mata melampaui ambang batas bawah sehingga sel-sel batang atau kerucut bisa memrosesnya (pada kondisi gelap), namun juga membatasi agar tidak melampaui ambang batas maksimum yang berpotensi merusak. Secara umum mata manusia hanya sanggup menoleransi intensitas sinar Matahari langsung sebesar 0,00002 kali lebih rendah dibanding normalnya, atau sepadan dengan penurunan tingkat terang Matahari sebesar 11,76 lebih rendah dibanding normal. Situasi ini hanya bisa terjadi bila 99,998 % cakram Matahari tertutupi.

Peristiwa Gerhana Matahari Cincin maupun Transit Venus terjadi tatkala pandangan kita ke cakram Matahari dihalang-halangi oleh benda langit lain, yakni Bulan atau Venus. Hal ini dimungkinkan karena pada saat itu Bulan atau Venus tepat segaris *syzygy* dengan Bumi dan Matahari. Meski Bulan lebih dekat ke Bumi ketimbang Venus, namun konfigurasi Gerhana Matahari Cincin membuat cakram Bulan



Gambar 4.3.
Skema perambatan sinar Matahari langsung ke bola mata. Nampak sebelum memasuki mata, luas penampang sinar Matahari besar. Namun setelah difokuskan lensa mata ke fovea, luas penampangnya sangat kecil (menjadi titik). Konsekuensinya intensitas sinar Matahari di fovea cukup besar.

Sumber : Sudibyo, 2012.

tidak menutupi cakram Matahari sesuai ambang batas yang diperlukan. Dalam Gerhana Matahari Cincin 2009 misalnya, cakram Matahari yang tertutupi hanya 93 %. Sedangkan dalam Transit Venus 2012 mendatang persentase cakram Matahari yang terhalangi jauh lebih kecil lagi, yakni hanya 0,09 %.

Dengan demikian baik Gerhana Matahari Cincin maupun Transit Venus memiliki resiko yang sama jika diamati secara langsung lewat mata kita. Disinilah peraturan itu muncul: jangan menatap Transit Venus 2012 secara langsung tanpa mengenakan perlindungan apapun! Meski mata berkedip lebih sering tatkala menatap Matahari, namun lama kedipan tersebut tidak sebanding dengan berlebihnya sinar ultraungu Matahari yang terlanjur masuk ke mata!

2. Cara Aman Pengamatan Tansit Venus

Seperti diulas sebelumnya, peraturan utama dalam pengamatan fenomena apapun terkait Matahari termasuk Transit Venus adalah mata kita tidak boleh menatap Matahari secara langsung tanpa memakai pelindung apapun.

Namun demikian Transit Venus 2012 masih tetap dapat kita nikmati dengan aman, tanpa perlu khawatir bakal merusak mata kita. Prinsip utama dalam pengamatan Transit Venus adalah mengurangi sebanyak mungkin intensitas sinar Matahari yang hendak masuk ke mata kita. Ini bisa dilakukan dengan dua jalan: pertama, menempatkan penghalang optis yang memadai di antara pandangan mata kita dengan Matahari sehingga sinar Matahari yang akan kita lihat telah berkurang sedemikian rupa hingga mencapai batas aman. Dan yang kedua dengan jalan tak-langsung, yakni menatap citra Matahari yang telah diproyeksikan pada suatu bidang tertentu. Lewat cara itulah lahir beragam teknik pengamatan Transit Venus seperti memakai pelindung kaca mata

Matahari, teknik proyeksi lubang jarum (*pinhole*), teknik proyeksi binokuler dan teleskopik, teknik *sun gun* serta pengamatan teleskopik dengan filter Matahari.

Tidak dianjurkan untuk mengamati Transit Venus dengan melihat pantulan sinar Matahari pada permukaan air yang tenang, misalnya yang diletakkan dalam satu wadah tersendiri. Meskipun pengamatan model ini amat melegenda sebagai pengamatan termurah dan teraman (misalnya dalam kasus Gerhana Matahari), namun sejatinya tidak pernah disarankan secara astronomis karena tergolong berbahaya. Permukaan air yang tenang memiliki daya pantul lebih besar dari pada daya serapnya terhadap sinar Matahari, dimana intensitas sinar Matahari yang terpantulkan masih sebesar 0,02 kali lipat dibanding normalnya (setara penurunan tingkat terang Matahari sebesar 4,25 di bawah normal). Ini masih jauh dari nilai ambang batas sinar Matahari yang aman bagi mata manusia, yakni 0,00002 kali dari normalnya.

3. Pengamatan Mata Telanjang dengan Kacamata Matahari



Gambar 4.4.
Eclipse glasses.
Sumber : JAC, 2009.

Salah satu cara termurah untuk menikmati Transit Venus 2012 pada khususnya maupun pengamatan Matahari pada umumnya adalah dengan menggunakan pelindung yang dikenal sebagai kacamata Matahari atau populer pula sebagai *eclipse glasses*. Berbeda dengan kacamata biasa yang terdiri dari lensa cembung/cekung/silindris guna membantu mempertajam penglihatan, *eclipse glasses* tidak terbuat dari lensa, melainkan berupa beberapa lapis filter

(penapis sinar) yang tembus pandang.

Yang Diperbolehkan

Umumnya filter tersebut tergolong filter ND 5 (*Neutral Density 5*), yakni yang hanya bisa melewatkan 0,001 % (10^{-5}) sinar Matahari. Filter terbaik adalah filter–filter film metalik (keperakan) yang didesain khusus dan dapat langsung digunakan. Filter semacam ini dapat diperoleh dari toko/dealer teleskop. Namun demikian filter Matahari juga bisa digantikan dengan kacamata pengelas (*welder glass*) no. 14.

Kita pun dapat membuat sendiri filter Matahari yang memadai dengan bahan–bahan utama yang sederhana, yakni :

- 1 roll negatif film fotografi hitam putih yang mengandung perak (tidak diperkenankan menggunakan negatif film fotografi berwarna),
- 1 lembar kertas karton,
- perekat *double–tape* secukupnya,
- perekat secukupnya.

Cara pembuatan: pertama, siapkan kertas karton demikian rupa sehingga memiliki dua lubang yang pas dengan mata kita menyerupai kacamata. Jika diperlukan tambahkan tali pengikat. Kedua, ulur negatif film secukupnya dan tempatkan di bawah sinar Matahari untuk beberapa lama, kemudian cuci film di studio foto. Terbentuklah lapisan perak yang efektif menyerap sinar ultraungu. Yang ketiga, potong film yang telah dicuci

tersebut dan tempatkan di setiap lubang karton demikian rupa sehingga seluruh bagian lubang tertutupi. Perhatikan bahwa tidak ada goresan pada film. Untuk setiap lubang dibutuhkan minimal 3 (tiga) lembar negatif film yang sudah dicuci, yang direkatkan menjadi satu. yang telah dicuci sesuai dengan kebutuhan (diusahakan menutup seluruh pandangan mata. Guna meningkatkan keamanan pengamatan maka tiga lembar film itu direkatkan menjadi satu. Dan yang keempat atau yang terakhir, rekatkan 3 lembar film yang telah disatukan itu ke masing-masing lubang pada kertas karton. Maka filter Matahari–buatan–sendiri telah siap digunakan.



Gambar 4.5.

Contoh filter Matahari–buatan–sendiri yang telah selesai.

Sumber : Sudibyo, 2009.

Pada saat proses pengamatan melalui filter Matahari–buatan–sendiri ini, ada satu aturan tegas yang harus diperhatikan. Yakni, pengamatan tidak dapat dilakukan secara terus menerus tanpa ada jeda (istirahat). Untuk menjaga keamanan terdapat rumus 1:1 (satu banding satu), artinya saat kita mengamati Matahari selama satu satuan waktu (maksimal tiga menit), maka harus diikuti dengan jeda (istirahat) pengamatan selama satu satuan waktu pula.



Gambar 4.6.

Welder glasses no 14.

Sumber : old.transitvenus.org, 2012.

Yang tidak Diperbolehkan

Selain menggunakan negatif film hitam putih, bahan lain yang pernah disarankan untuk pembuatan filter Matahari–buatan–sendiri adalah bagian dalam disket (*floppy disk*), yakni yang berupa cakram magnetik berwarna hitam, maupun CD (*compact disc*). Ada juga yang menyarankan pembungkus makanan dari poliester berlapis *aluminium foil*. Meski demikian bahan–bahan tersebut kini dianggap kurang aman jika dibandingkan dengan 3 lembar negatif film hitam putih.

Selain bahan–bahan tersebut, terdapat beragam filter yang dianggap tidak aman sehingga tidak diperbolehkan digunakan dalam pengamatan Transit Venus 2012. Filter–filter tersebut adalah :

- Filter fotografi netral dengan beragam kerapatan (densitas).
- Kombinasi filter fotografi, termasuk filter polarisasi silang.

- Filter–buatan–sendiri dari negatif film berwarna.
- Filter–buatan–sendiri dari negatif film hitam putih kromogenik (tanpa lapisan perak), seperti misalnya Liford XP–1 atau Agfapan Vario–XL,
- Kaca yang dilapisi jelaga,
- Setiap filter yang dapat meneruskan sinar benda terang selain Matahari (misalnya sinar Bulan).

4. Pengamatan Mata Telanjang dengan Proyeksi Lubang Jarum (*Pinhole*)

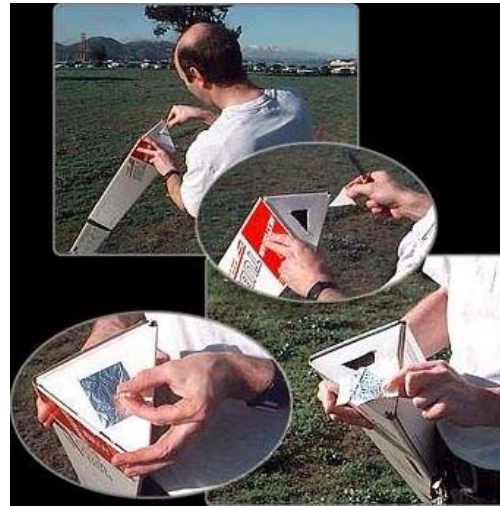
Selain pengamatan dengan filter Matahari, terdapat metode lain yang juga tergolong murah dan sederhana, yakni berupa pengamatan proyeksi lubang jarum (*pinhole*). Prinsip dasar pengamatan proyeksi lubang jarum adalah meloloskan berkas sinar Matahari melalui satu lubang sangat kecil seukuran lubang jarum. Berkas tersebut kemudian diproyeksikan pada suatu layar, baik semi–transparan atau tak tembus cahaya. Semakin panjang jarak antara posisi lubang jarum dengan layar proyeksinya, maka bayangan yang diperoleh akan semakin besar. Jarak antara lubang jarum dan layar proyektor berbanding lurus dengan lebar diameter bayangan Matahari yang akan terbentuk. Terdapat rumus $1 : 0,0087$. Maka bila jarak lubang jarum dengan layar proyeksinya 1 meter, diameter cakram Matahari yang terbentuk 0,0087 meter (8,7 mm). Sehingga bila jarak diperbesar menjadi 3 meter misalnya, maka penggunaannya pada pengamatan Transit Venus 2012 akan menyajikan ukuran cakram Matahari 26 mm dan Venus sebagai bintik hitam kecil seukuran 0,8 mm.

Yang Diperbolehkan

Pengamatan Transit Venus 2012 dengan proyeksi lubang jarum membutuhkan bahan–bahan sebagai berikut :

- pipa PVC ukuran 5 inci sepanjang minimal 3 meter (lebih disarankan 4 meter),
- lembaran *aluminium foil* secukupnya,
- kertas karton secukupnya,
- perekat secukupnya,
- kertas semi–transparan sebagai layar proyeksi,
- payung secukupnya,
- tali secukupnya.

Cara pembuatan : pertama, siapkan pipa PVC, pilih yang tidak melengkung saat didirikan miring atau ditegakkan. Kedua, tutup salah satu ujung pipa dengan kertas layar proyeksi. Tambahkan kertas karton secukupnya demikian rupa sehingga jika kita melihat dari ujung ini, maka latar belakangnya tidak akan nampak. Ketiga, tutup ujung satunya lagi dengan lembaran *aluminium foil*. Setelah *aluminium foil* direkatkan, tentukan titik pusat ujung pipa



Gambar 4.6.

Proses pembuatan *pinhole*.

Sumber : exploratorium.edu, 2012.

tersebut dan buatlah lubang kecil dengan menggunakan ujung jarum (jarum pentul atau jarum jahit). Dan instrumen proyeksi lubang jarum pun siap digunakan.



Gambar 4.7.
Pinhole siap digunakan.
Sumber : exploratorium.edu, 2012.

Cara penggunaannya: upayakan cari lokasi yang membuat pipa bisa disandarkan demikian rupa sehingga bisa mengikuti pergerakan Matahari. Jika diperlukan, ikat pipa ke sandaran menggunakan tali. Arahkan ujung pipa PVC yang bertutupkan *aluminium foil* ke Matahari demikian rupa sehingga proyeksi cakram Matahari terlihat di layar proyeksi pada ujung pipa PVC yang berlawanan. Atur kertas karton demikian rupa sehingga pandangan kita ke layar proyeksi tidak terkontaminasi dengan sinar Matahari langsung dari latar belakang. Gunakan payung jika kita merasa kepanasan, namun jangan sampai payung ini

menutupi berkas sinar Matahari yang masuk ke pipa PVC.

Yang tidak Diperbolehkan

Mengamati Transit Venus 2012 dengan membuka/menghilangkan layar proyeksi untuk kemudian mengarahkan mata langsung ke lubang jarum pada pipa PVC adalah tidak diperbolehkan.

5. Pengamatan Binokuler dengan Teknik Proyeksi

Binokuler merupakan teleskop ganda berukuran pendek berkemampuan “melipat” cahaya yang mampu memperbesar obyek jauh dalam sikap tegak. Meski perbesarannya relatif kecil, binokuler disukai oleh banyak orang karena ringan, mudah digunakan, mampu memberikan pandangan tiga dimensi dan harganya relatif terjangkau. Seperti teleskop pada umumnya, struktur utama binokuler terdiri atas lensa obyektif (di bagian depan) dan okuler (di bagian belakang). Lensa okuler dikenal pula sebagai *eyepiece*. Dan seperti teleskop pada umumnya pula, binokuler pun bisa dimanfaatkan guna pengamatan Matahari dengan teknik khusus.

Salah satu teknik pengamatan Matahari dengan binokuler adalah teknik



Gambar 4.8.
Proyeksi binokuler (dengan layar proyeksi dinding putih).
Sumber : Sudibyo, 2009.

proyeksi binokuler. Pada dasarnya teknik ini dilakukan dengan melewatkan berkas sinar Matahari ke lensa obyektif dan *eyepiece* untuk kemudian ditangkap oleh selembar layar proyeksi dibelakangnya. Singkatnya, binokuler diarahkan ke Matahari dan bayangan Matahari ditangkap oleh layar proyeksi dibelakangnya.

Yang Diperbolehkan

Pengamatan Transit Venus 2012 dengan proyeksi binokuler membutuhkan bahan-bahan sebagai berikut :

- binokuler 1 buah,
- penyangga binokuler (bisa tripod atau meja/kursi),
- kertas putih tak tembus cahaya secukupnya sebagai layar proyeksi,
- tali secukupnya,
- perekat secukupnya,
- payung secukupnya,
- kertas karton secukupnya.



Gambar 4.9.

Hasil proyeksi binokuler.

Sumber : Sudibyo, 2009.

Cara penyusunan: pertama, tutup salah satu lubang tempat lensa obyektif binokuler berada dengan kertas karton secukupnya. Ini bertujuan agar proyeksi Transit Venus 2012 yang kita saksikan hanya berasal dari salah satu bagian binokuler saja sehingga menghasilkan bayangan lebih jelas. Kedua, potong kertas karton demikian rupa sehingga kertas putih tak tembus cahaya bisa direkatkan padanya. Gabungan kertas ini akan berperan sebagai layar proyeksi. Dan teknik proyeksi binokuler pun siap dipergunakan.

Cara penggunaannya: upayakan cari lokasi yang memungkinkan untuk mengarahkan binokuler ke Matahari dengan leluasa tanpa halangan selama tahap-tahap Transit Venus 2012. Arahkan binokuler ke Matahari demikian rupa sehingga berkas sinar Matahari keluar dari *eyepiece* secara utuh. Tempatkan layar proyeksi di belakang *eyepiece* dan sesuaikan jaraknya (gerakkan maju atau mundur di belakang *eyepiece*) demikian rupa sehingga terbentuk bayangan Matahari yang tegas. Tempatkan binokuler pada penyangganya demikian rupa, bila perlu diikat, sehingga bayangan yang terbentuk di layar proyeksi tidak bergetar. Jika diperlukan, tempelkan layar proyeksi pada penyangga lain atau dinding sehingga pengamatan Transit Venus 2012 bisa dilaksanakan dengan rileks. Gunakan payung jika kita merasa kepanasan, namun jangan sampai payung ini menutupi berkas sinar Matahari yang memasuki binokuler.

Yang tidak Diperbolehkan

Mengamati Transit Venus 2012 dengan menghilangkan layar proyeksi untuk kemudian menempelkan mata langsung ke *eyepiece* adalah tidak diperbolehkan. Perbesaran binokuler menyebabkan cara pengamatan seperti itu (dengan menempelkan mata langsung ke *eyepiece*) lebih berbahaya ketimbang menatap Matahari secara

langsung. Dengan kata lain, kerusakan mata akan terjadi lebih cepat dibandingkan akibat memandang Matahari secara langsung.

6. Pengamatan Teleskopik dengan Teknik Proyeksi

Pengamatan Transit Venus 2012 berbasis teleskop dengan teknik proyeksi sebenarnya mirip dengan penggunaan binokuler dengan teknik proyeksi seperti telah diulas sebelumnya. Seperti halnya binokuler, struktur utama teleskop terdiri dari lensa/cermin obyektif dan lensa okuler (*eyepiece*). Lensa obyektif terdapat pada teleskop–teleskop pembias (refraksi) sementara cermin obyektif (yakni cermin cekung) terdapat pada teleskop–teleskop pemantul (refleksi) seperti pemantul



Gambar 4.10.

Konfigurasi pengamatan teleskopik untuk Matahari dengan teknik proyeksi.

Sumber : Sudibyo, 2010.

Newton, pemantul Gregorian, pemantul Cassegrain dan sebagainya. *Eyepiece* teleskop ada yang sebidang (segaris lurus) dengan tabung teleskopnya, namun sebagian besar pada saat ini berposisi tegaklurus terhadap tabung teleskop sehingga tidak melelahkan posisi tubuh kita dalam mengamati suatu obyek

Sebuah teleskop mampu menghasilkan perbesaran yang besar, namun dengan bayangan berbentuk dua dimensi semata dan terbalik dibanding aslinya. Meski demikian bayangan yang terbalik ini tidak menjadi masalah saat digunakan untuk mengamati benda langit. Sebuah teleskop selalu memiliki penyangga (*mounting*) yang sesuai dengannya, yang terbagi menjadi *mounting* altazimuth dan ekuatorial.

Yang Diperbolehkan

Pengamatan Transit Venus 2012 dengan proyeksi teleskopik membutuhkan bahan–bahan sebagai berikut :

- teleskop dengan penyangganya 1 buah,
- kertas putih tak tembus cahaya secukupnya sebagai layar proyeksi,
- penyangga (bisa tripod atau meja/kursi),
- payung secukupnya,
- kertas karton secukupnya.

Cara penyusunan: pertama, potong kertas karton demikian rupa sehingga kertas putih tak tembus cahaya bisa direkatkan padanya. Gabungan kertas ini akan berperan sebagai layar proyeksi. Kedua, siapkan teleskop pada penyangganya demikian rupa untuk tujuan pengamatan Matahari. Dan teknik proyeksi teleskop pun siap dipergunakan.

Cara penggunaannya: teleskop diarahkan menghadap Matahari sehingga sinar Matahari memasuki tabung teleskop dan diloloskan secara utuh oleh *eyepiece*. Pasang layar proyeksi di belakang *eyepiece* dan atur demikian rupa (gerakkan maju atau mundur) sehingga berkas sinar yang keluar dari *eyepiece* membentuk bayangan cakram Matahari yang bundar, tajam dan utuh.



Gambar 4.11.

Hasil pengamatan teleskopik untuk Matahari dengan teknik proyeksi.

Sumber : Sudibyo, 2010.

Pengamatan Transit Venus 2012 dengan proyeksi teleskopik menjanjikan detail cukup baik selama proses melintasnya Venus di latar depan cakram Matahari. Pengamatan ini juga berpeluang pada teramatinya fenomena lain di permukaan Matahari, yakni bintik Matahari (sunspot). Namun demikian terdapat satu kelemahan dari teknik proyeksi teleskopik, yakni adanya tambahan sinar sekitar yang juga berasal dari sinar matahari namun yang tak memasuki tabung teleskop. Sehingga bayangan yang terbentuk kurang maksimal.

Yang tidak Diperbolehkan

Mengamati Transit Venus 2012 dengan menghilangkan layar proyeksi untuk kemudian menempelkan mata langsung ke *eyepiece* adalah tidak diperbolehkan. Perbesaran teleskop menyebabkan cara pengamatan seperti itu (dengan menempelkan mata langsung ke *eyepiece*) lebih berbahaya ketimbang mengamati Matahari secara langsung ataupun menggunakan binokuler. Dengan kata lain, kerusakan mata akan terjadi lebih cepat dibandingkan akibat kerusakan mata setelah memandang Matahari dengan binokuler.

7. Pengamatan Teleskopik dengan Teknik *Sun Gun*

Pengamatan teleskopik dengan teknik *sun gun* pada dasarnya adalah variasi dari pengamatan Transit Venus 2012 dengan proyeksi teleskopik. Disini layar proyeksi digantikan oleh *sun gun*, yakni sejenis layar proyeksi yang lebih kecil namun melekat pada *eyepiece*. Teknik ini menjanjikan bayangan cakram matahari yang lebih jelas dan tidak terkontaminasi berkas sinar Matahari yang tak memasuki tabung teleskop. Selain itu teknik *sun gun* juga memungkinkan pengamat menyaksikan Transit Venus 2012 secara lebih rileks.

Yang Diperbolehkan

Pengamatan Transit Venus 2012 dengan teknik *sun gun* teleskopik membutuhkan bahan-bahan sebagai berikut :

- teleskop dengan penyangganya 1 buah,
- kertas putih semi-transparan secukupnya sebagai layar proyeksi,
- tabung berbentuk kerucut (bisa digantikan dengan pot plastik hitam atau ember),

- payung secukupnya,
- perekat secukupnya.

Cara pembuatan: pertama, gambar lingkaran seukuran diameter *eyepiece* pada pantat tabung kerucut/pot hitam, kemudian lubangi lingkaran tersebut. Kedua, pasang kertas putih semi-transparan secukupnya pada mulut tabung kerucut/pot hitam, menyesuaikan bentuknya sehingga betul-betul terpasang kuat. Dan yang ketiga, pasang tabung kerucut/pot hitam ini pada *eyepiece* teleskop, dengan menempatkan pantatnya yang berulbang pada posisi *eyepiece*. Atur demikian rupa sehingga terpasang kuat dan tak mudah bergeser. *Sun gun* pun siap dipergunakan.

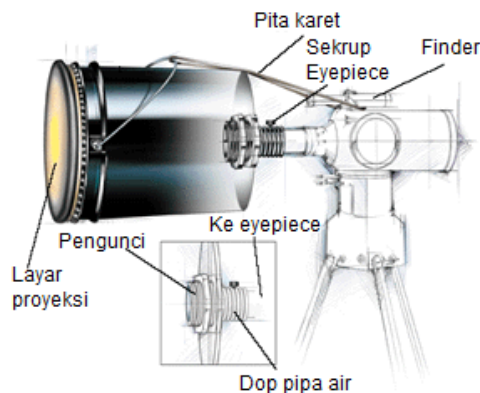


Gambar 4.12.

Konfigurasi pengamatan teleskopik untuk Matahari dengan teknik *sun gun*.

Sumber : Wikipedia, 2012.

Cara penggunaannya: teleskop diarahkan menghadap Matahari sehingga sinar Matahari memasuki tabung teleskop dan diloloskan secara utuh melewati *eyepiece* dan bayangan muncul pada layar proyeksi *sun gun*. Atur *eyepiece* demikian rupa (gerakkan maju atau mundur) sehingga berkas sinar yang keluar dari *eyepiece* membentuk bayangan cakram Matahari yang bundar, tajam dan utuh.



Gambar 4.13.

Contoh skema *sun gun*.

Sumber : Scientific American, 1999.

Pengamatan Transit Venus 2012 dengan teknik *sun gun* teleskopik ini selain menjanjikan hasil yang detil, juga menyajikan bayangan Matahari yang lebih tajam dibandingkan hasil yang diberikan pengamatan berdasarkan teknik proyeksi teleskopik. Sebab bayangan yang terbentuk pada layar proyeksi *sun gun* tidak terkontaminasi oleh sinar apapun yang berada di luar tabung teleskop.

Yang tidak Diperbolehkan

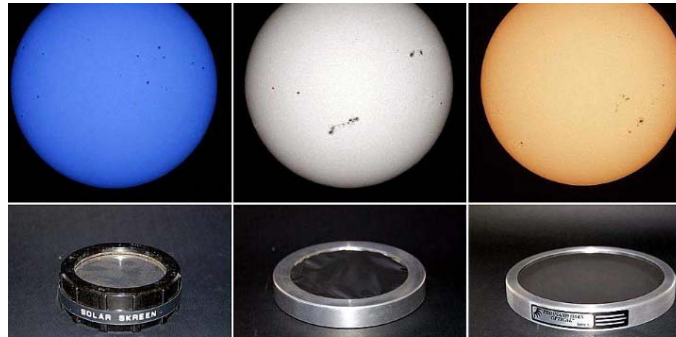
Mengamati Transit Venus 2012 dengan menghilangkan *sun gun* atau tetap memasang *sun gun* namun dengan menghilangkan layar proyeksinya untuk kemudian menempelkan mata langsung ke *eyepiece* adalah tidak diperbolehkan. Perbesaran teleskop menyebabkan cara pengamatan seperti itu (dengan menempelkan mata langsung ke *eyepiece*) lebih berbahaya ketimbang mengamati Matahari secara langsung

ataupun menggunakan binokuler. Dengan kata lain, kerusakan mata akan terjadi lebih cepat dibandingkan akibat kerusakan mata setelah memandang Matahari dengan binokuler.

8. Pengamatan Teleskopik dengan Filter Matahari

Pengamatan Transit Venus 2012 berbasis teleskop dengan filter Matahari tergolong ke dalam pengamatan langsung (bukan proyeksi). Meski kita selalu diperingatkan agar tidak melihat Matahari secara langsung melalui teleskop, namun sebenarnya terdapat satu langkah aman. Yakni sepanjang teleskop tersebut dilengkapi dengan filter Matahari (yang khusus untuk teleskop) serta diberi penghalang/penapis sehingga sinar Matahari memasuki teleskop hanya melalui lubang yang ukurannya lebih kecil ketimbang diameter lensa/cermin obyektif teleskop. Dengan demikian teknik pengamatan seperti ini bisa disetarakan dengan pengamatan langsung dengan filter Matahari–buatan–sendiri seperti telah diulas sebelumnya.

Filter Matahari untuk teleskop merupakan aksesoris yang tergolong mahal dan hanya dapat digunakan dalam satu teleskop saja. Filter semacam ini dapat diperoleh di toko/dealer teleskop. Namun dapat juga dibuat sendiri dengan syarat kita memiliki lembaran filter Matahari yang khusus dirancang untuk teleskop.



Gambar 4.14.

Beragam filter Matahari untuk teleskop beserta hasil pengamatannya.

Sumber : Astrosurf.com, 2012.

Yang Diperbolehkan

Pengamatan Transit Venus 2012 dengan teleskop berfilter Matahari–buatan–sendiri membutuhkan bahan–bahan sebagai berikut :

- lembaran filter Matahari ND 5 (dapat diperoleh pada toko/dealer teleskop),
- dop PVC dengan ukuran sesuai diameter teleskop,
- payung secukupnya,
- perekat secukupnya.

Cara pembuatan: pertama, buat lingkaran kecil pada dasar dop PVC dengan ukuran sepertiga atau seperempat diameter dop PVC. Kedua, potong lembaran filter Matahari seukuran lubang yang telah kita buat tersebut. Lantas rekatkan. Maka filter Matahari–buatan–sendiri untuk teleskop telah siap untuk digunakan.

Cara penggunaannya: pasang filter Matahari–buatan–sendiri tersebut pada teleskop. Kemudian arahkan teleskop ke Matahari. Lihatlah melalui *eyepiece* teleskop dan atur demikian rupa sehingga bayangan yang terbentuk nampak tajam. Seperti halnya pengamatan langsung dengan filter Matahari–buatan–sendiri ini, terdapat peraturan 1:1 (satu banding satu) untuk menjaga keamanan. Artinya saat kita mengamati Matahari dengan teleskop berfilter Matahari ini selama satu satuan waktu (maksimal tiga menit),

maka harus diikuti dengan jeda (istirahat) pengamatan selama satu satuan waktu pula.



Gambar 4.15.

Cara pemasangan filter Matahari pada teleskop.
Sumber : Budgetastronomy.ca, 2012.

Yang tidak Diperbolehkan

Mengamati Transit Venus 2012 dengan melepaskan filter Matahari untuk teleskop dan menempelkan mata langsung ke *eyepiece* adalah tidak diperbolehkan. Perbesaran teleskop menyebabkan cara pengamatan seperti itu lebih berbahaya ketimbang mengamati Matahari secara langsung ataupun menggunakan binokuler. Dengan kata lain, kerusakan mata akan terjadi lebih cepat dibandingkan akibat kerusakan mata setelah memandang Matahari dengan binokuler.

9. Mengabadikan Transit Venus dalam Foto dan Video

Selain diamati lewat mata kita, Transit Venus 2012 juga bisa diabadikan melalui instrumen elektronik dalam bentuk foto dan video. Ada banyak manfaat yang bisa diperoleh dari pengabdian ini. Selain sebagai wahana edukasi, bagian dari mengagumi konfigurasi langit yang demikian memukau dari Tuhan Yang Maha Esa, foto dan video Transit Venus 2012 juga memiliki nilai ilmiah yang tinggi mengingat sangat jaranganya peristiwa Transit Venus.

Sebuah kamera foto digital maupun kamera video digital mempunyai prinsip kerja yang relatif sama dengan mata kita. Dalam instrumen tersebut terdapat *aperture* (rana atau diafragma) yang mengatur jumlah sinar yang diperkenankan masuk ke lensa kamera. Sementara lensa kamera bertugas memfokuskan sinar menuju sensor CCD (*charged couple device*). Dan sensor CCD bertugas mengubah berkas sinar yang mengenainya menjadi sinyal-sinyal listrik dalam kode tertentu yang khas.

Untuk pengamatan Transit Venus 2012, lebih disarankan untuk menggunakan kamera digital tipe DSLR karena spesifikasinya. Namun penggunaan kamera digital tipe lain, termasuk kamera saku biasa atau kamera ponsel sekalipun, tetap diperkenankan meski harus dipahami gambar/citra yang dibentuknya memiliki kualitas lebih rendah. Di sini dibedakan antara pemotretan berdasarkan teknik proyeksi dan yang berdasarkan pengamatan langsung.

Pada pemotretan yang berdasarkan teknik proyeksi (baik berupa teknik proyeksi lubang jarum, teknik proyeksi binokuler, teknik proyeksi teleskopik maupun teknik proyeksi teleskopik dengan *sun gun*), obyek yang harus difoto adalah layar proyeksi



Gambar 4.16.

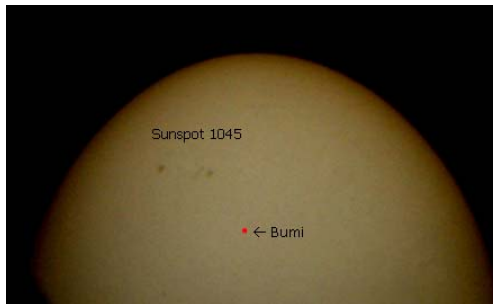
Contoh foto Matahari dengan kamera DSLR yang dilengkapi filter-buatan-sendiri.
Sumber : Sudibyo, 2009.

beserta seluruh bayangan yang ditampilkannya. Mengingat Transit Venus 2012 berlangsung hanya pada siang hari, maka pada kamera saku atau kamera ponsel *setting*-nya perlu diatur guna pemotretan pada siang hari. Sementara pada kamera DSLR, pilih ISO rendah hingga menengah (yakni 25, 64 atau 100). Atur waktu paparan (*time exposure*) yang kecil, yakni berkisar pada 1/10 detik atau lebih kecil lagi guna untuk mendapatkan foto yang tajam.

Pada pemotretan yang berdasarkan pengamatan langsung, jika kita menggunakan kamera saku atau kamera ponsel, maka atur *setting*-nya untuk pemotretan pada siang hari. Bila memungkinkan (khususnya untuk kamera saku), atur *setting* kamera pada manual (bukan auto), lebih bagus lagi jika pada ISO atau program. Kemudian atur pula *setting* EV pada nilai negatif tertinggi dan ISO di bawah 100. Dan akhirnya, arahkan kamera ke Matahari dengan menempatkan filter Matahari (atau filter Matahari–buatan–sendiri) di depan lensa kamera.

Pada kamera DSLR, *setting*-nya sedikit lebih rumit. Yang pertama harus dilakukan adalah memilih ISO dan sebaiknya di bawah 100. Selanjutnya atur waktu paparan kamera dengan menggunakan rumus berikut :

$$Te = \frac{f^2}{A \times B}$$



Gambar 4.17.

Contoh foto Matahari dengan kamera saku lewat teknik proyeksi teleskopik (foto telah diolah).

Sumber : Sudibyo, 2010.

Dengan Te adalah waktu paparan (dalam detik), A adalah ISO yang dipilih, f adalah *f-ratio* kamera (yakni perbandingan antara jarak fokus lensa kamera terhadap diameter lensa kamera) dan B konstanta dimana bagi Matahari penuh dalam Transit Venus bernilai 80. Untuk kamera dengan *f-ratio* 5,6 dan ISO yang dipilih adalah 100, maka waktu paparannya berkisar pada 1/250 detik. Dan akhirnya, arahkan kamera DSLR itu ke Matahari dengan menempatkan filter Matahari (atau filter Matahari–buatan–sendiri) di depan lensa kamera.

Pada pemotretan yang berdasarkan pengamatan teleskopik dengan filter Matahari (atau filter Matahari–buatan–sendiri), *setting* kamera ponsel dan kamera saku serupa dengan untuk pemotretan langsung (dengan filter Matahari) yang telah dipaparkan di atas. Tempelkan lensa kamera ponsel pada mulut *eyepiece* dan potretlah. Teknik pemotretan seperti ini dikenal sebagai teknik afokal. Sementara pada kamera DSLR, kita perlu mengetahui terlebih dahulu panjang fokus lensa kamera (F_{kamera}), lensa *eyepiece* ($F_{eyepiece}$), lensa/cermin obyektif ($F_{obyektif}$) dan diameter lensa/cermin obyektif (D). Selanjutnya perlu dihitung terlebih dahulu *f-ratio* sistem teleskop–kamera untuk teknik fotografi afokal :

$$f = \frac{F_{obyektif} \times F_{kamera}}{D \times F_{eyepiece}}$$

Bagi sebuah teleskop pemantul dengan panjang fokus cermin obyektif 720 mm, diameter cermin obyektif 135 mm, panjang fokus lensa *eyepiece* 5 mm dan panjang fokus lensa kamera DSLR 18 mm, maka nilai *f-ratio* sistem teleskop–kamera untuk

teknik fotografi afokal adalah 19. Sehingga waktu paparan kamera menggunakan ISO 100 adalah berkisar pada 1/20 detik. Seperti halnya pada kamera ponsel dan kamera saku, tempelkan lensa kamera DSLR pada mulut *eyepiece* dan potretlah.

Hasil pemotretan dengan kamera saku atau DSLR itu akan lebih bagus lagi jika kamera terpasang statis pada teleskop (tidak dipegang tangan kita). Hal ini bisa dilakukan dengan menggunakan asesoris tambahan yang dikenal sebagai *T-ring* atau *Universal Adapter*. Kita bisa memasang *Universal Adapter* untuk pemotretan dengan menggunakan kamera saku. Sementara dengan kamera DSLR, sepasang *T-ring* bisa digunakan yang masing-masing dipasang pada kamera DSLR dan dudukan *eyepiece* teleskop untuk kemudian disatukan. Pemasangan *T-ring* pada kamera DSLR membuat lensa kamera sebaiknya dicopot dan hal ini menjadikan teknik fotografinya tidak lagi afokal, melainkan berubah menjadi teknik fotografi fokus prima. Dalam teknik fotografi ini, nilai $F_{\text{kamera}}/F_{\text{eyepiece}}$ setara dengan 1 (satu) sehingga *f-ratio* sistem teleskop-kamera hanya bergantung kepada F_{obyektif}/D saja. Untuk contoh perhitungan di atas, dengan panjang fokus cermin obyektif 720 mm, diameter cermin obyektif 135 mm dan ISO 100 maka waktu paparan kamera adalah berkisar pada 1/280 detik atau lebih singkat ketimbang waktu paparan pada teknik fotografi afokal.



Gambar 4.19.
Contoh foto Matahari dengan kamera DSLR
lewat teleskop dilengkapi filter Matahari.
Sumber : Planetarium Jakarta, 2009.



Gambar 4.20.
Skema susunan teleskop dan kamera (saku atau DSLR) dalam
teknik fotografi afokal.

Sumber : Grego, 2005.

Mengabadikan Transit Venus 2012 lewat kamera video sebenarnya memiliki prinsip yang tidak jauh berbeda dengan pemotretan melalui kamera saku atau DSLR seperti telah diuraikan sebelumnya. Pada seluruh pengamatan Transit Venus

2012 yang berdasarkan teknik proyeksi (yakni teknik proyeksi lubang jarum, teknik proyeksi binokuler, teknik proyeksi teleskopik dan teknik proyeksi teleskopik dengan *sun gun*), kamera video kita hadapkan ke layar proyeksi. Atur *setting* kamera video demikian rupa sehingga menghasilkan citra video yang tajam, detil dan tidak terlalu terang. Demikian halnya pada pengamatan langsung dengan filter Matahari maupun pengamatan teleskopik dengan filter Matahari. Pada pengamatan langsung, setelah lensa kamera video ditutupi dengan filter Matahari (atau filter Matahari-buatan-sendiri), arahkan langsung ke Matahari dan atur *setting* kamera video demikian rupa sehingga menghasilkan citra video yang tajam, detil dan tidak terlalu terang. Sementara pada pengamatan teleskopik berbasis filter Matahari (atau filter Matahari-buatan-sendiri), arahkan lensa kamera ke *eyepiece* teleskop. Atur *setting* kamera video demikian rupa

sehingga menghasilkan citra video yang tajam, detil dan tidak terlalu terang. Pengaturan *setting* kamera video sedikit berbeda antara satu merk dengan merk kamera video lainnya dan hal itu bisa diketahui lebih lanjut pada buku panduannya atau secara *trial and error* dengan mengubah-ubah kecemerlangan dan kontras dalam situasi pemvideoan pada siang hari. Dalam penggunaan kamera video, akan lebih bagus jika kamera video diletakkan pada dudukannya (tripod).

10. JOTPI (Jaringan Observasi Transit Planet Indonesia)

JOTPI (Jaringan Observasi Transit Planet Indonesia) adalah suatu jejaring yang dikelola Jogja Astro Club dan dipersembahkan untuk para astronom, astronom amatir, pengamat langit, praktisi ilmu falak, dosen, guru, mahasiswa, pelajar, santri, ulama, tokoh masyarakat, pekerja media massa/elektronik, anggota klub astronomi dan siapapun tanpa membedakan usia, asal usul, pekerjaan maupun latar belakang pendidikannya yang menaruh perhatian pada peristiwa langit khususnya peristiwa transit planet. Termasuk didalamnya adalah Transit Venus, Transit Merkurius, Gerhana Matahari dan Gerhana Bulan. Di dalam jejaring ini kita bisa mendiskusikan apa saja maupun berbagi pengalaman dan informasi apa saja terkait peristiwa transit planet. JOTPI dapat dijumpai di (<http://jotpi.kafeastronomi.com>).

JOTPI berisikan sebagian materi dalam buku ini, yakni informasi singkat tentang Venus, fenomena transit, fenomena transit Venus, signifikansi transit Venus, peranan transit Venus dalam sejarah dunia, peranan Indonesia dalam sejarah transit Venus, transit Venus sebagai wahana edukasi dan titik-titik observasi transit Venus di Indonesia serta lembaga/institusi yang terlibat didalamnya. Titik-titik pengamatan tersebut tersebar di Yogyakarta, Surakarta, Kebumen, Kudus, Surabaya, Bandung, Jakarta, Aceh, Tenggara sementara lembaga/institusi yang terlibat adalah Jogja Astro Club (Yogyakarta), Club Astronomi as-Salam (Surakarta), Forum Kajian Ilmu Falak (Kebumen), langitselatan (Bandung), Surabaya Astro Club (Surabaya), Himpunan Astronomi Amatir Jakarta (Jakarta), Atjeh Astronomi Club (Aceh), LAPAN, Planetarium Jakarta, Observatorium Bosscha, Planetarium CASA Surakarta dan BMKG.

Selain berbagi pengetahuan dan informasi, JOTPI juga akan menayangkan video streaming Transit Venus 2012 yang diselenggarakan beberapa lokasi di atas. Juga menjadi sarana berbagai sejumlah kegiatan terkait Transit Venus 2012, misalnya pengamatan bersama, pemasangan prasasti kenangan pengamatan Transit Venus 2012, penyelenggaraan *workshop* pembuatan kaca mata/filter Matahari-buatan-sendiri, penyelenggaraan *workshop* pembuatan proyeksi lubang jarum serta sosialisasi ke sekolah-sekolah/masyarakat umum/perguruan tinggi.



Gambar 4.21.

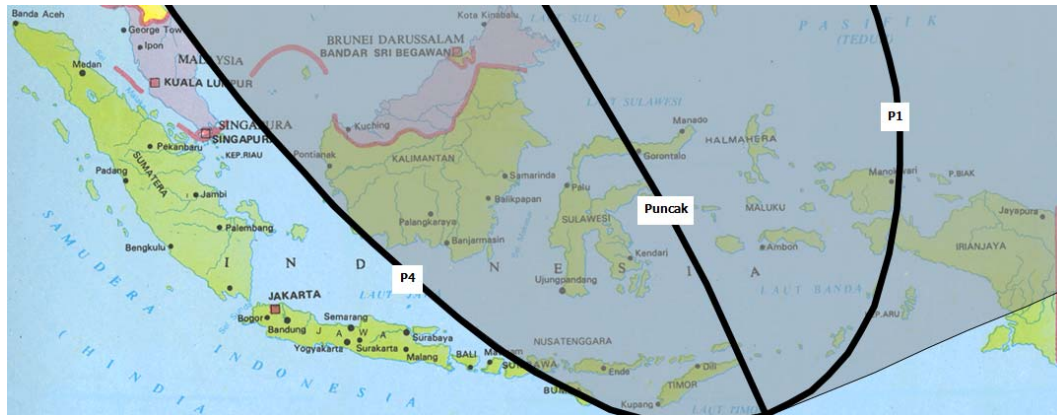
Contoh prasasti pengamatan Transit Venus 1769 yang dilakukan di Norriton, Pennsylvania (AS).

Sumber : transitofvenus.nl, 2012.

1. Gerhana Matahari 21 Mei 2012

Gerhana Matahari 21 Mei 2012 merupakan gerhana Matahari pertama dalam tahun 2012 TU. Sepanjang 2012 TU hanya akan terjadi dua peristiwa gerhana Matahari dan kedua-duanya bisa disaksikan dari Indonesia, meski hanya dari sebagian kawasan (tepatnya kawasan Indonesia bagian timur).

Gerhana Matahari 21 Mei 2012 tergolong sebagai Gerhana Matahari Cincin (anular) yang menjadi gerhana Matahari ke-58 dalam seri Gerhana Matahari Saros 128. Di daratan gerhana ini bisa disaksikan dari sebagian Asia khususnya Asia Timur Jauh dan sebagian Asia Tenggara, sebagian Rusia serta sebagian Amerika Utara khususnya Canada dan sebagian Amerika Serikat. Sementara di lautan gerhana ini hanya bisa disaksikan dari perairan Samudera Pasifik bagian utara. Namun jalur gerhana cincin hanya melintas di pantai timur Cina, Taiwan utara, sebagian Jepang dan California (AS) dengan lebar jalur 236,5 km. Di sepanjang jalur ini persentase penutupan cakram Matahari oleh Bulan mencapai 94 % sehingga intensitas cahaya Matahari pada saat puncak gerhana tinggal 6 % dibanding normal.



Gambar 5.1.

Peta kawasan Indonesia yang dapat menyaksikan Gerhana Matahari 21 Mei 2012. Matahari terbit bertepatan dengan kontak awal penumbra pada garis P1, bertepatan dengan puncak gerhana pada garis Puncak dan bertepatan dengan kontak akhir penumbra pada garis P4.

Sumber : Sudibyo, 2012.

Gerhana diawali dengan kontak awal penumbra pada pukul 03:56 WIB. Disusul kemudian dengan kontak umbra pertama pada pukul 05:06 WIB yang bertepatan dengan Matahari terbit pada koordinat $20^{\circ} 36' \text{ LU } 109^{\circ} 42' \text{ BT}$ yang berlokasi di sekitar pulau Hainan (Cina). Puncak gerhana dicapai pada pukul 06:53 WIB. Gerhana mulai berakhir saat kontak akhir umbra terjadi pada pukul 08:39 WIB di koordinat 32°

18° LU 102° 06' BB. Namun gerhana baru sepenuhnya berakhir saat kontak akhir penumbra terjadi, tepatnya pada pukul 09:49 WIB.

Seperti telah disebutkan, Indonesia menjadi salah satu kawasan yang mampu menyaksikan gerhana Matahari ini, meski tidak dilintasi jalur gerhana cincin. Sehingga gerhana ini hanya nampak sebagai Gerhana Matahari Sebagian. Secara teoritis sebagian besar Indonesia terkena peta lintasan gerhana Matahari ini, tepatnya mulai dari pulau Kalimantan, Sulawesi, Irian, Kepulauan Maluku dan sebagian Kepulauan Nusa Tenggara. Wilayah dimana akhir kontak penumbra bertepatan dengan Matahari terbit melingkupi seluruh pulau Kalimantan sehingga durasi gerhana di sini cukup singkat (terhitung sejak Matahari terbit).

Tabel Keterlihatan Gerhana Matahari 21 Mei 2012 di Indonesia

No	Kota	Awal	Puncak	Akhir	Magnitudo Gerhana (%)
1.	Pontianak	05:36 ^a	05:36 ^a	05:44	10,7 ^b
2.	Palangka Raya	05:21 ^a	05:21 ^a	05:38	17,5 ^b
3.	Banjarmasin	06:20 ^a	06:20 ^a	06:35	15,0 ^b
4.	Samarinda	06:05 ^a	06:05 ^a	06:39	30,8 ^b
5.	Manado	05:31 ^a	05:47	06:40	33,7
6.	Gorontalo	05:40 ^a	05:47	06:38	33,0
7.	Palu	05:55 ^a	05:55 ^a	06:37	31,2 ^b
8.	Mamuju	06:02 ^a	06:02 ^a	06:33	24,9
9.	Makassar	06:03 ^a	06:03 ^a	06:27	16,9
10.	Kupang	05:54 ^a	05:54 ^a	06:01	2,1 ^b
11.	Ambon	06:26 ^a	06:44	07:23	16,5
12.	Ternate	06:38 ^a	06:47	07:39	33,1
13.	Sorong	06:09 ^a	06:45	07:30	20,6
14.	Jayapura	06:22	06:45	07:10	5,1

Catatan :

- Waktu dalam waktu lokal.
- a = waktu terbit Matahari setempat (karena awal atau puncak gerhana terjadi sebelum Matahari terbit).
- b = magnitudo gerhana Matahari pada saat terbit Matahari.

2. Gerhana Bulan 4 Juni 2012

Gerhana Bulan 4 Juni 2012 merupakan gerhana Bulan pertama dalam tahun 2012 TU. Sepanjang 2012 TU hanya akan terjadi dua peristiwa gerhana Bulan dan kedua-duanya bisa disaksikan dari Indonesia.

Gerhana Bulan 4 Juni 2012 tergolong sebagai Gerhana Bulan Sebagian yang menjadi gerhana Bulan ke-24 dalam seri Gerhana Bulan Saros 140. Di daratan gerhana ini bisa disaksikan dari Australia, sebagian Asia khususnya Asia Timur Jauh, Asia Selatan dan Asia Tenggara serta hampir seluruh bagian Amerika. Sementara di lautan gerhana ini hanya bisa disaksikan dari segenap perairan Samudera Pasifik. Namun kawasan yang sanggup melihat seluruh tahap gerhana hanya ada di sebagian besar

Australia dan sebagian pulau Irian (bagian timur). Dalam gerhana Bulan sebagian ini hanya 34 % cakram Bulan yang tertutupi oleh bayangan inti (umbra) Bumi.

Gerhana diawali dengan kontak awal penumbra pada pukul 15:49 WIB. Disusul kemudian dengan kontak umbra pertama pada pukul 17:01 WIB. Puncak gerhana dicapai pada pukul 18:03 WIB. Gerhana mulai berakhir saat kontak akhir umbra terjadi pada pukul 19:06 WIB. Namun gerhana baru sepenuhnya berakhir saat kontak akhir penumbra terjadi, tepatnya pada pukul 20:18 WIB. Ditinjau dari segenap proses penutupan cakram Bulan yang kasat mata, Gerhana Bulan Sebagian ini memiliki durasi 2 jam 5 menit. Dengan 34 % cakram Bulan tertutupi, maka cahaya Bulan pada saat puncak gerhana setara dengan 66 % saat Bulan purnama.



Gambar 5.2.

Peta kawasan Indonesia yang dapat menyaksikan Gerhana Bulan 4 Juni 2012. Bulan terbit bertepatan dengan kontak awal umbra pada garis U1 dan bertepatan dengan puncak gerhana pada garis Puncak.

Sumber : Sudibyo, 2012.

Seperti telah disebutkan, Indonesia menjadi salah satu kawasan yang mampu menyaksikan gerhana Bulan ini. Indonesia terbelah menjadi dua bagian. Kawasan Indonesia timur (yang dibatasi oleh pulau Sulawesi di utara dan pulau Lombok di selatan) mampu menyaksikan seluruh tahap gerhana khususnya sejak awal kontak umbra. Sementara kawasan Indonesia barat hanya mampu menyaksikan sebagian tahap karena kontak umbra terjadi tatkala Bulan belum terbit bagi kawasan ini. Bahkan sebagian pulau Sumatra (kecuali Sumatra Selatan, Bengkulu dan Lampung) tidak berkesempatan menyaksikan puncak gerhana karena pada saat itu Bulan belum terbit bagi kawasan ini.

3. Gerhana Matahari 14 November 2012

Gerhana Matahari 14 November 2012 merupakan gerhana Matahari kedua atau yang terakhir dalam tahun 2012 TU. Sepanjang 2012 TU hanya akan terjadi dua peristiwa gerhana Matahari dan kedua-duanya bisa disaksikan dari Indonesia, meski hanya dari sebagian kawasan (tepatnya kawasan Indonesia bagian timur).

Gerhana Matahari 14 November 2012 tergolong sebagai Gerhana Matahari Total yang menjadi gerhana Matahari ke-45 dalam seri Saros 133. Di daratan gerhana ini hanya bisa disaksikan dari Australia dan Selandia Baru saja. Sementara di lautan gerhana ini hanya bisa disaksikan dari perairan Samudera Pasifik bagian selatan. Jalur

gerhana total hanya melintas di Australia Utara dengan lebar jalur 178,8 km. Di sepanjang jalur ini ukuran cakram nampak Bulan mencapai 105 % lebih besar ketimbang Matahari sehingga kegelapan bakal terjadi pada jalur ini selama 4 menit.

Gerhana diawali dengan kontak awal penumbra pada pukul 02:38 WIB. Disusul kemudian dengan kontak umbra pertama pada pukul 03:35 WIB yang bertepatan dengan Matahari terbit pada koordinat 11° 48' LS 133° 24' BT yang berlokasi di sekitar kota Darwin (Australia Utara). Puncak gerhana dicapai pada pukul 05:12 WIB. Gerhana mulai berakhir saat kontak akhir umbra terjadi pada pukul 06:48 WIB di koordinat 29° 24' LS 80° 18' BB yang terletak di perairan Samudera Pasifik lepas pantai Chile. Namun gerhana baru sepenuhnya berakhir saat kontak akhir penumbra terjadi, tepatnya pada pukul 07:45 WIB.



Gambar 5.3.

Peta kawasan Indonesia yang dapat menyaksikan Gerhana Matahari 14 November 2012. Matahari terbit bertepatan dengan puncak gerhana pada garis Puncak dan bertepatan dengan kontak akhir penumbra pada garis P4.

Sumber : Sudibyo, 2012.

Seperti telah disebutkan, Indonesia menjadi salah satu kawasan yang mampu menyaksikan gerhana Matahari ini, meski tidak dilintasi jalur gerhana total. Sehingga gerhana ini hanya nampak sebagai Gerhana Matahari Sebagian. Secara teoritis hanya sebagian kecil Indonesia yang terkena peta lintasan gerhana Matahari ini, tepatnya mulai Kepulauan Maluku, sebagian Kepulauan Nusa Tenggara dan pulau Irian. Selain sebagian pulau Irian, wilayah dimana akhir kontak penumbra bertepatan dengan Matahari terbit melingkupi seluruh kawasan tersebut sehingga durasi gerhana di sini cukup singkat (terhitung sejak Matahari terbit).

Tabel Keterlihatan Gerhana Matahari 14 November 2012 di Indonesia

No	Kota	Awal	Puncak	Akhir	Magnitude Gerhana (%)
1.	Kupang	05:13 ^a	05:13 ^a	05:30	31,4 ^b
2.	Ambon	06:03 ^a	06:03 ^a	06:24	37,2 ^b
3.	Sorong	05:55 ^a	05:55 ^a	06:20	44,0 ^b
4.	Jayapura	05:15 ^a	05:28	06:22	67,8

Catatan :

- Waktu dalam waktu lokal.

- a = waktu terbit Matahari setempat (karena awal atau puncak gerhana terjadi sebelum Matahari terbit).
- b = magnitude gerhana Matahari pada saat terbit Matahari.

4. Gerhana Bulan 28 November 2012

Gerhana Bulan 28 November 2012 merupakan gerhana Bulan kedua atau yang terakhir dalam tahun 2012 TU. Sepanjang 2012 TU hanya akan terjadi dua peristiwa gerhana Bulan dan kedua-duanya bisa disaksikan dari Indonesia.

Gerhana Bulan 28 November 2012 tergolong sebagai Gerhana Bulan Penumbral yang menjadi gerhana Bulan ke-11 dalam seri Gerhana Bulan Saros 145. Sebagai gerhana penumbral, gerhana Bulan kali ini amat sulit diidentifikasi dengan mata biasa tanpa dilengkapi alat bantu optik yang memadai (binokuler/teleskop). Apalagi dalam gerhana penumbral ini hanya 85,6 % cakram Bulan yang ditutupi oleh bayangan tambahan (penumbra) Bumi saat puncak gerhana. Secara kasat mata, penutupan cakram Bulan oleh bayangan tambahan Bumi takkan bisa dibedakan dengan Bulan purnama biasa.

Di daratan gerhana ini bisa disaksikan dari Asia, Australia, sebagian Eropa khususnya Eropa timur, sebagian Afrika khususnya Afrika utara dan timur serta Amerika Utara. Sementara di lautan gerhana ini hanya bisa disaksikan dari sebagian besar perairan Samudera Pasifik (kecuali lepas pantai Amerika Selatan) dan Samudera Hindia.

Sebagai gerhana penumbral, maka dalam gerhana Bulan ini tidak ada kontak umbra. Gerhana diawali dengan kontak awal penumbra pada pukul 19:01 WIB. Puncak gerhana dicapai pada pukul 21:03 WIB. Dan gerhana sepenuhnya berakhir saat kontak akhir penumbra terjadi, tepatnya pada pukul 23:05 WIB. Gerhana Bulan Penumbral ini memiliki durasi 4 jam 4 menit.

Seperti telah disebutkan, Indonesia menjadi salah satu kawasan yang mampu menyaksikan gerhana Bulan ini. Seluruh kawasan Indonesia tanpa terkecuali mampu menyaksikan segenap tahap gerhana penumbral ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arkaan Simaan. 2004. *The Transit of Venus Across the Sun*. Physics Education 39 (3) 2004, pp 247–251.
- Barrie W. Jones. 2007. *Discovering the Solar System*, 2nd edition. John Wiley & Sons, West Sussex, UK.
- Dani Mijarto. 2009. *Gang Torong dan Observatorium Pertama*. Kompas.com, <http://www.kompas.com/>
- Fred Espenak. 2012. *Transit of Venus Fifteen Millenium Catalog 5000 BC–10000 AD*. <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/>
- F. Mignard. 2004. *The Solar Parallax with the Transit of Venus*. Observatoire de la Cote d’Azur.
- Ian Morison. 2008. *Introduction to Astronomy and Cosmology*. John Wiley & Sons, West Sussex, UK.
- Jay Pasachoff dkk. 2011. *High-Resolution Satellite Imaging of the 2004 Transit of Venus and Assymetries in the Cytherean Atmosphere*. The Astrophysical Journal 114 (2011), 9pp.
- Linda T. Elkins-Tanton. 2006. *Asteroids, Meteorites and Comets*. Chelsea House, New York, USA.
- Majalah Sky & Telescope. Edisi September 1998, Juni 2001.
- National Aeronotics and Space Administration (NASA), <http://www.nasa.gov>.
- Space Weather Prediction Center National Oceanic and Atmospheric Administration (SWPC NOAA), <http://swpc.noaa.gov>.
- P. Rocher. t,t. *Simplified Method for the Calculation of the Parallax*.
- Peter Grego. 2005. *The Moon and How to Observe It, an Advanced Handbook for Students of the Moon in the 21st Century*. Springer-Verlag, London, UK.
- S. Mikkola dkk. 2004. *Asteroid 2002 VE68, a Quasi-satellite of Venus*. Journal of Monthly Noticed of Royal Astronomical Society 351 (2004), pp.63–65.
- Scott S. Sheppard & Chadwick A. Trujilo. 2009. *A Survey for Satellites of Venus*. Arxiv.org, <http://arxiv.org/abs/0906.2781v1/>
- Stephen Eales. 2009. *Planets and Planetary Systems*. John Wiley & Sons, West Sussex, UK.
- The Nine Planets, <http://nineplanets.org/>
- Wikipedia, the free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org>.

PARA PENULIS

Eko Hadi Gunawan



Dilahirkan di kota Gudeg pada pagi hari saat bintang terang Alpherat tepat di atas zenith Yogyakarta pada suatu Senin di bulan Desember 1987 TU, pria yang akrab di facebook dengan nama Eko Hadi G ini menyelesaikan studi informatikanya di pada bulan Desember tahun 2010 TU. Mengawali karirnya di bidang astronomi saat ia menjadi ketua divisi instrumentasi Jogja Astro Club 2010 hingga koordinator harian di Jogja Astro Club 2011. Sebagai wujud kecintaannya terhadap dunia astronomi Indonesia, beberapa karya diukirnya mulai dari pembuatan teleskop refraktor, astrofotografi hingga *website* yang menyajikan informasi astronomi berupa Kafe Astronomi.com. Beberapa amanah yang menjadi tanggungjawabnya saat ini adalah sebagai instruktur dan koordinator harian Jogja Astro Club, *developer*, penulis dan editor Kafe Astronomi.com. Selain aktif di bidang astronomi, ia juga aktif di bidang teknologi informasi sebagai *script programmer* di salah satu instansi swasta. Buku elektronik Transit Venus 2012 merupakan buku elektronik pertama yang ditulisnya. Kritik dan saran dapat anda sampaikan ke alamat <http://www.kafeastronomi.com/kritik-saran-dan-laporan/> atau ke e-mail: ekohadigunawan@gmail.com atau ke ponsel 08994102179.

Erni Latifah Wulandari

Lahir di Bantul (DIY) pada 29 Desember 1991 TU. Masa kecil beserta pendidikan dasar dan menengahnya ditempuh di kota kecil yang terletak di sebelah selatan Yogyakarta itu. Kini masih menempuh pendidikan tinggi di program strata-1 Pendidikan Geografi pada Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta, yang ditempuhnya sejak Agustus 2010 TU. Sejak itu juga telah bergabung dengan Jogja Astro Club (JAC) dan menjadi salah satu penulis tetap dalam laman kafeastronomi.com. Penulisan buku elektronik Transit Venus 2012 ini adalah pengalaman pertamanya.



Segala kritik, saran, pendapat, sanggahan dan bantahan baik dalam bahasa yang halus maupun lugas, silahkan untuk diajukan ke alamat surat : Panggung Rejo RT 02 RW 03 Jebres Surakarta atau ke e-mail: ernilatifah.geo10@yahoo.com atau ke ponsel 085729347494.

Muh. Ma'rufin Sudibyo



Lahir pada keremangan senja kala Bulan sabit bertengger cukup tinggi di atas cakrawala barat Kebumen, pada 1 Muharram 1398 H. Masa kecil dan remajanya dihabiskan di kota kecil yang terletak di pesisir selatan Jawa Tengah yang terkenal dengan makanan kecil berupa lanting, sate ayam khas Ambal dan goa Jatijajarnya ini. Gemar menulis sejak SMP dan kian menjadi saat SMA serta setelah hijrah menuju Yogyakarta menempuh pendidikan tinggi di Fakultas Teknik UGM, meski level tulisannya hanyalah bisa bertengger di majalah dinding maupun buletin. Dunia tulis-menulis kian digelutinya selepas pendidikan tinggi dengan lebih memfokuskan diri kepada

bidang astronomi, ilmu falak dan astrofisika, meskipun minat serupa ditujukan pula dalam bidang geologi, geografi, sejarah dan arkeologi.

Diamanahi sebagai ketua Tim Ahli pada Badan Hisab dan Rukyat Daerah Kebumen sekaligus mengembangkan LP2IF Rukyatul Hilal Indonesia, Jogja Astro Club, Forum Kajian Ilmu Falak Gombang beserta Majelis Kajian Ilmu Falak Kebumen, dunia penelitian, pengajaran dan tulis-menulis tak ditinggalkannya. Tanpa memperhitungkan *booklet* maupun diktat dan buku terbatas (yang swa-cetak hanya untuk konsumsi lokal), sejauh ini telah lima buah buku ditulis dan diterbitkannya, termasuk diantaranya dua buku elektronik (salah satunya adalah buku elektronik Transit Venus 2012 ini).

Segala kritik, saran, pendapat, sanggahan dan bantahan baik dalam bahasa yang halus maupun lugas, silahkan untuk diajukan ke alamat surat : Jl. H. Abubakar no. 12 RT 05/I Kawedusan Kebumen 54351 atau ke e-mail: marufins@yahoo.com, atau ke facebook : <http://www.facebook.com/marufinsudibyo> atau ke ponsel : 0817727823.