

PENCARIAN RUMAH BARU DI LUAR BUMI*

Oleh

Judhistira Aria Utama, M.Si.

Laboratorium Bumi dan Antariksa

Jurusan Pendidikan Fisika

Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Pendidikan Indonesia

Bagian I

Banyaknya penghuni planet ini, yang konon sudah mencapai angka 6 milyar lebih manusia, dapat diketahui melalui sensus penduduk. Lantas bagaimana caranya mengetahui ada tidaknya teman bagi kita di luasnya semesta? Dan bila ada, berapa banyak jumlah mereka?

Pada bulan September 1959, fisikawan Giuseppe Cocconi dan Philip Morrison menulis sebuah artikel yang menyodorkan gagasan bahwa teknologi teleskop radio masa itu sudah cukup sensitif untuk dapat menangkap sinyal komunikasi dari suatu peradaban jauh yang mungkin ada yang mengorbit di bintang-bintang lain. Frank Drake, seorang astronom radio, yang terinspirasi dengan artikel kedua fisikawan tersebut kemudian memprakarsai berlangsung pertemuan dua hari di Green Bank, West Virginia, pada bulan November 1961 yang dihadiri oleh 10 teknisi radio, astronom, dan pakar biologi. Dalam pertemuan Green Bank itu, Drake hadir dengan persamaan berbentuk

$$N = R \times f_p \times n_e \times f_i \times f_c \times L$$

yang untuk selanjutnya dikenal sebagai persamaan Drake (*Drake Equation*). Dengan persamaannya itu Drake menjadi orang pertama yang menemukan metode pencarian sinyal-sinyal dari peradaban jauh secara sistematis yang sekaligus berhasil memecah satu “pertanyaan besar” ke dalam sejumlah “pertanyaan-pertanyaan kecil”.

Drake telah menyusun sebuah persamaan matematika untuk memberi landasan sistematis bagi pencarian peradaban di alam semesta yang maha luas ini. Persamaan tersebut mengandung 7 buah besaran yang harus dihitung secara terpisah untuk memperoleh informasi tentang banyaknya peradaban yang teramati di alam raya. Dalam beberapa tahun terakhir, sejumlah besaran dalam persamaan di atas berhasil diverifikasi, meskipun sebagian besar lainnya masih merupakan tanda tanya. Bagaimanapun, hasil yang diperoleh diharapkan akan membimbing pada jawaban atas pertanyaan klasik manusia tentang adakah kawan bagi dirinya di salah satu pojok semesta.

* Disampaikan dalam **Seminar Astronomi: Pesona Antariksa** dalam rangka Pekan Astronomi Dunia yang diselenggarakan oleh Astro Fun Club, di Bandung pada tanggal 30 Oktober 2011

Laju Kelahiran Bintang-Bintang (R)

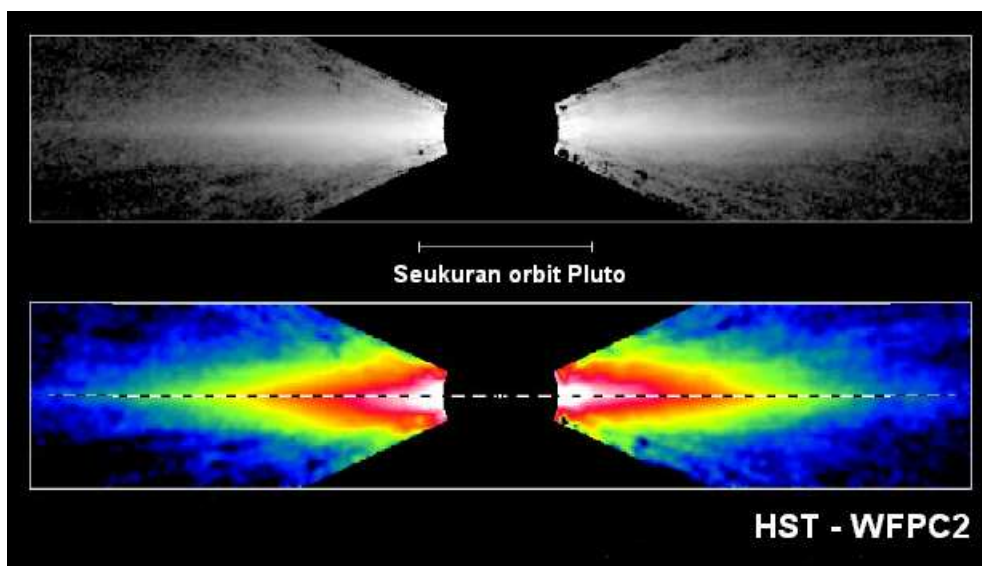
Besaran pertama dari Persamaan Drake adalah R yang menyatakan laju kelahiran bintang-bintang di galaksi kita, Bima Sakti, per tahunnya. Secara trivial, dengan mengetahui jumlah suatu populasi dalam suatu kurun waktu tertentu dan membagi dengan kala hidupnya akan memberikan informasi tentang laju kelahiran di dalam populasi tersebut.

Galaksi kita dihuni setidaknya oleh 200 milyar buah bintang dengan berbagai massa, merentang mulai dari sepersepuluh ukuran Matahari kita sampai puluhan kalinya. Kala hidup bintang-bintang dipengaruhi secara langsung oleh massa yang dikandungnya ini. Bintang-bintang dengan massa kecil ternyata berjumlah lebih banyak daripada yang bermassa besar. Bintang-bintang bermassa besar tersebut akan lebih dulu kehabisan bahan bakar nuklirnya daripada yang bermassa lebih kecil. Dengan kata lain, bintang-bintang bermassa besar akan lebih dulu menjadi "tua" dan "mati".

Sebagai harga R, para astrofisikawan mempercayai bahwa nilainya berkisar antara 1 sampai 10. Artinya, dalam satu tahun terdapat 1 sampai 10 buah bintang baru di galaksi kita.

Jumlah Planet di Galaksi (f_p)

Dari sekian banyak bintang di Bima Sakti, berapa banyak bintang yang memiliki sistem keplanetan seperti Matahari kita? Persentase bintang-bintang dengan keberadaan planet sebagai pengiringnya akan memberikan nilai untuk besaran f_p ini. Bukti-bukti yang mendukung dugaan astronom tentang kelaziman kehadiran planet ini baru tersedia belum lama berselang. Observasi atas objek-objek astronomi menunjukkan keberadaan piringan gas dan debu di sekeliling bintang-bintang muda, yang berdasar teori mutakhir adalah cikal-bakal pembentukan sistem keplanetan.



NASA

Piringan bakal-planet (*protoplanetary disk*) di samping kiri dan kanan yang berhasil dideteksi di bintang *Beta Pictoris B*. Gambar diperoleh dengan menutup piringan cahaya dari bintangnya.

Kelompok astronom yang berkonsentrasi pada pencarian planet di bintang-bintang setipe Matahari menemukan sekitar 5% bintang-bintang di langit memiliki planet. Angka inipun hendaknya dilihat sebagai nilai minimum untuk f_p , mengingat teknik pendeteksian keberadaan planet yang digunakan selama ini hanya “ampuh” untuk planet-planet raksasa, yaitu planet-planet dengan massa seukuran Saturnus dan Jupiter atau lebih besar dalam orbit yang sangat dekat dengan bintang induknya. Dengan sendirinya, planet-planet seukuran Bumi, jika memang ada bersama-sama planet raksasa tersebut, tidak akan dapat terdeteksi. Kalaupun ada “planet batuan” yang telah berhasil ditemukan, planet tersebut berukuran lebih besar daripada Bumi sehingga disebut sebagai *super Earth*.

Jumlah Planet Seperti Bumi (n_e)

Besaran n_e dalam Persamaan Drake menyatakan rata-rata jumlah planet di dalam sistem keplanetan yang memiliki daya dukung bagi tumbuh berkembangnya kehidupan. Dalam Tata Surya kita sendiri, dari sembilan buah planet yang ada, hanya di atas Bumilah dijumpai adanya kehidupan mulai dari tingkat rendah hingga kehidupan cerdas. Planet ke empat dari Matahari, Mars, juga memberikan harapan untuk itu atau setidaknya pernah menginformasikan bahwa dulu di sana pernah terdapat suatu bentuk kehidupan. Dalam pertemuan di Green Bank tersebut nilai n_e ditaksir antara 1 sampai 5, yang berarti setiap sistem keplanetan yang ada di Bima Sakti terdiri atas sedikitnya 1 buah planet terestrial seperti Bumi.

Bias pada teknik pendeteksian planet seperti disebutkan di atas tentunya berpengaruh terhadap nilai n_e . Sejauh ini, planet-planet yang telah ditemukan adalah planet-planet gas raksasa pada jarak yang sangat dekat dengan bintang induknya (hingga sedekat 5.700.000 km), mengalahkan kedekatan Merkurius dari Matahari (58.500.000 km). Singkatnya, karakteristik planet-planet tersebut jauh berbeda dengan Bumi, planet padatan yang kita huni. Jarak yang terlampau dekat dengan bintang induk tentunya akan membuat planet terpanggang, belum lagi persoalan ketersediaan prasarana pendukung kehidupan lainnya, seperti ketersediaan air dan keberadaan atmosfer. Sejauh ini hanya planet Bumi yang dapat menghadirkan air dalam wujud cair, sehingga bila kondisi seperti ini dijumpai pula dalam sistem keplanetan lainnya diharapkan dapat memunculkan benih-benih kehidupan di sana.

Jumlah Planet dengan Kehidupan (f_i)

Dari nilai n_e yang diperoleh sebelumnya, berapa banyak dijumpai adanya kehidupan? Jawaban atas pertanyaan ini akan memberikan nilai untuk f_i , yaitu persentase planet dengan kehidupan di atasnya.

Molekul penyusun kehidupan (hidrokarbon dan asam amino) tersedia melimpah di alam semesta. Percobaan Stanley Miller pada tahun 1953 menunjukkan mudahnya membentuk molekul kompleks yang diyakini sebagai bahan dasar pembentuk kehidupan. Memanfaatkan molekul air, metana, amonia, dan hidrogen yang diberi lucutan listrik, Miller telah berhasil mensintesis asam amino dan sejumlah senyawa organik lainnya dalam jumlah signifikan seperti asam alifatik dan asam hidroksi.

Telaah spektrum dari komet Hale-Bopp, komet besar yang mendekati Matahari pada 1997 lalu, menunjukkan banyaknya senyawa organik yang di-“bawa”-nya dalam perjalanan mengitari Matahari. Sekalipun hidrokarbon dan asam amino

bukan organisme hidup, hampir tak diragukan lagi bahwa evolusi pra biotik telah berlangsung di ruang antarbintang.

Penemuan terbaru menyatakan bahwa mikroorganisme segera muncul di Bumi tidak lama setelah proses pembentukan planet berakhir. Bila kehidupan dapat terbentuk di manapun, besar kemungkinan variabel f_i dalam persamaan Drake ini bernilai 1.

Jumlah Kehidupan Cerdas (f_i)

Prinsip Kopernikan mengatakan bahwa kehidupan tidak memilih tempat dan waktu, artinya keberadaan kita di muka Bumi sebagai suatu produk evolusi yang dapat berkomunikasi bukanlah suatu kekhususan. Dengan kata lain, keberadaan kita bukan suatu keunikan, sehingga kehidupan cerdas seperti dijumpai di Bumi dapat pula ditemukan di tempat lain.

Meskipun sama-sama meyakini prinsip Kopernikan, kelompok ilmuwan terbagi dalam dua kubu tentang nilai f_i . Mereka yang menyebut diri sebagai kelompok realis percaya bahwa nilai f_i menuju 0 (tidak ada kehidupan cerdas), sementara sebagian yang lain meyakini bahwa f_i memiliki nilai yang dekat dengan 1 (hampir pasti ada kehidupan cerdas).

Simulasi komputer yang ditunjukkan George Wetherill dari *Washington Carnegie Institution* menunjukkan bahwa tanpa kehadiran planet raksasa dalam sistem keplanetan akan memperbesar kemungkinan benturan planet-planet kecil seperti Bumi dengan benda-benda angkasa lainnya yang juga mengorbit bintang induk yang sama. Dalam lingkungan Tata Surya kita, tidak dapat disangkal bahwa Jupiter sebagai planet terbesar telah berperan sebagai “tameng” bagi Bumi dari bahaya tumbukan dengan komet-komet yang memiliki orbit memotong orbit Bumi. Tanpa kehadiran Jupiter, banyaknya peristiwa tumbukan antara Bumi dengan komet-komet tersebut dapat menjadi 1000 kali lebih tinggi, dengan tumbukan katastrofiknya seperti yang diyakini sebagian ilmuwan telah terjadi pada 65 juta tahun lalu hingga memusnahkan populasi dinosaurus, adalah satu kali dalam 100.000 tahun. Hal ini tentunya akan sangat mempengaruhi bahkan menghambat jalannya evolusi menuju ke bentuk kehidupan yang lebih kompleks.

Jumlah Kehidupan Cerdas yang Mampu Berkomunikasi (f_c)

Berapa besar persentase kehidupan cerdas yang dapat berkomunikasi dengan cara yang bisa kita deteksi (f_c), yakni dengan gelombang radio, telah menjadi subjek perdebatan di kalangan para ahli. Dibandingkan dengan faktor-faktor astronomis dalam persamaan Drake ini, ketidaktahuan terhadap nilai faktor-faktor biologis dan sosiologis (f_i , f_c , dan L) memang jauh lebih besar. Dari sisi optimistik yang memandang bahwa tidak ada peradaban cerdas yang akan mampu bertahan lama tanpa penemuan listrik dan radio disertai kesadaran akan pentingnya berkomunikasi, tentunya memberikan nilai $f_c = 1$.

Bagaimanapun, dengan ukuran teleskop radio, teknik penerima, dan kemampuan komputasional yang telah jauh meningkat pesat dibandingkan lebih dari 40 tahun lalu, proyek SETI (*Search for ExtraTerrestrial Intelligence*) sampai saat ini terbukti belum berhasil menemukan sinyal berarti dari peradaban cerdas lain yang sedang berkomunikasi. Sungguh tidak adakah “kawan” di sana atau terlalu

primitifkah gelombang radio kita dibandingkan dengan sesuatu yang belum kita temukan dalam khasanah ilmu pengetahuan dan teknologi?

Kala Hidup Peradaban Cerdas (L)

Besaran L menyatakan rata-rata kala hidup peradaban yang mampu berkomunikasi. Kelompok optimis meyakini bahwa kehidupan cerdas yang mapan akan dapat bertahan sampai dengan setidaknya puluhan milyar tahun. Di lain pihak, kelompok realis menunjuk fakta bahwa teknologi radio baru ditemukan manusia beberapa dekade yang lalu, di tambah lagi manusia sedang menuju pada kehancuran baik melalui perang maupun bencana akibat ulahnya sendiri. Artinya, bagi kubu realis kesempatan menemui peradaban cerdas yang berkomunikasi dalam waktu tidak melebihi usia galaksi (dalam orde milyar tahun) adalah hal yang hampir mustahil.

Semesta memang tidak harus selalu menyediakan apa yang kita inginkan dan harapkan, namun apakah ini berarti bahwa usaha manusia harus berhenti sampai di sini? Tentu tidak, seperti ditulis Cocconi dan Morrison dalam artikel mereka di jurnal ilmiah *Nature* pada tahun 1959, "*The probability of success is difficult to estimate, but if we never search, the chance of success is zero.*"

Perhitungan yang dilakukan Eric Schulman seperti termuat dalam artikelnya di majalah *Mercury* edisi September 2000 memberikan nilai untuk masing-masing besaran di atas berturut-turut adalah **20 (R)**, **0,025 (f_p)**, **0,04 (n_e)**, **0,01 (f_i)**, **0,5 (f_i)**, **0,5 (f_c)**, dan **10⁹ tahun (L)**. Dengan memasukkan nilai-nilai ini ke dalam persamaan Drake, peradaban cerdas yang berkomunikasi di galaksi adalah sejumlah 50.000 buah peradaban.

Bagian II

Bayangkan manakala sumber daya di Bumi sudah habis terkuras. Lingkungan yang tidak lagi nyaman untuk dihuni, seiring dengan makin sesaknya umat manusia. Bumi semakin renta dan merana. Lantas, di mana selanjutnya kita akan berada? Tanpa sepengetahuan kita, para ahli sedang sibuk mencari jawabannya.

Daerah hunian (*habitable zone*) didefinisikan sebagai tempat dalam suatu rentang jarak tertentu dari bintang induk yang memungkinkan keberadaan air dalam wujud cair di permukaan planet pengiringnya. Secara teori, kondisi yang memungkinkan dijumpainya air dalam fase ini akan mendukung munculnya "benih-benih kehidupan". Air dalam wujud cair merupakan pelarut terbaik yang akan memungkinkan berlangsungnya reaksi dari berbagai unsur maupun senyawa kimia yang ada. Sehingga tidak mengherankan bila keberadaan air dalam fase ini dijadikan pertanda yang akan memberikan harapan bagi kemunculan suatu bentuk kehidupan.

Planet-planet raksasa di luar Tata Surya yang mengorbit bintang-bintang setipe Matahari (*extrasolar planets*) sejauh ini tidak masuk ke dalam pertimbangan sebagai tempat layak huni untuk kehidupan seperti yang kita kenal. Bila demikian halnya, lantas di mana kita dapat menaruh harap? Jawaban yang masuk akal adalah di satelit-satelit alam yang dimiliki oleh planet-planet gas tersebut.

Dalam Tata Surya kita, semakin besar massa suatu planet gas, makin besar pula massa total satelit-satelitnya. Artinya, bisa saja planet-planet gas luar Tata Surya tersebut dengan ukurannya yang jauh lebih besar dibandingkan Jupiter akan

memiliki satelit seukuran planet Mars, misalnya. Dipilihnya satelit-satelit alam sebagai situs yang “menjanjikan” tidak terlepas dari fakta bahwa banyak di antara planet-planet gas raksasa tersebut yang berada di “*habitable zone*” dari bintang-bintang induknya (1 – 1,9 AU; 1 AU sekitar 150 juta kilometer). Pertanyaan selanjutnya adalah syarat-syarat apa yang harus dimiliki bakal hunian alternatif tersebut untuk dapat memberikan daya dukung bagi kehidupan?

Keberadaan Atmosfer

Untuk dapat menjadi tempat hunian yang ideal, satelit-satelit tersebut harus memiliki atmosfer. Bumi, satunya-satunya planet di Tata Surya yang hingga kini mampu memberikan daya dukung bagi tumbuh-kembang berbagai bentuk kehidupan, memiliki atmosfer yang moderat. Bulan sebagai satelit alami Bumi dengan massa sekitar 1/100 kali massa Bumi, justru tidak memiliki atmosfer sama sekali. Dari sini, satelit-satelit *extrasolar planets* tersebut harus jauh lebih besar daripada ukuran Bulan kita, setidaknya seukuran satelit-satelit terbesar dari planet-planet raksasa di Tata Surya.

Lapisan udara yang menyelimuti permukaan satelit ini berguna dalam melindungi kehidupan di permukaannya terhadap bombardir radiasi-radiasi berbahaya dari angkasa, di samping berperan pula sebagai penjaga temperatur permukaan agar tetap nyaman. Untuk dapat mempertahankan keberadaan atmosfer dalam jangka waktu yang lama, proses pelepasan gas-gas atmosfer –utamanya di atmosfer bagian atas– harus berjalan lambat. Ini bisa dicapai bila temperatur atmosfer di sana cukup rendah atau satelit yang bersangkutan cukup masif sehingga akan mempunyai kecepatan lepas (*escape velocity*) yang besar untuk dapat menahan lolosnya atom-atom gas di lapisan atas tersebut.

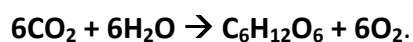
Becermin pada apa yang telah terjadi di Bumi, para ilmuwan meyakini bahwa atmosfer di planet hijau ini terbentuk dari gas-gas yang dikeluarkan dari perut Bumi melalui aktifitas vulkanik. Penjelasan lebih lengkap agaknya diperlukan mengingat komposisi atmosfer saat ini yang jauh berbeda dengan gas-gas yang dihasilkan oleh gunung berapi; aktifitas vulkanik tidak “membuang” oksigen ke angkasa, sementara di atmosfer sekitar 21% merupakan gas ini.

Apa yang membuat atmosfer Bumi berubah secara drastis? Darimana oksigen yang menjadi “gas hidup” bagi organisme *aerob* ini berasal? Dua buah teori telah diusulkan untuk menjelaskan bagaimana terbentuknya oksigen. Yang pertama adalah melalui proses *fotodisosiasi*, yaitu pemecahan uap air oleh cahaya ultraviolet yang akan menghasilkan hidrogen bebas dan oksigen menurut reaksi:



Sayangnya, karena atom gas ringan seperti hidrogen akan dengan mudah lepas dari gravitasi Bumi, proses ini tidak akan mampu menyediakan oksigen dalam jumlah yang melimpah seperti yang sekarang kita jumpai.

Teori kedua mengusulkan bahwa sumber oksigen tidak lain adalah kehidupan itu sendiri, melalui proses yang disebut *fotosintesis*, di mana karbon dioksida dan air bereaksi untuk membentuk karbohidrat dan oksigen,



Diperkirakan, 99% dari jumlah total oksigen yang dibebaskan ke atmosfer sejak masa-masa awal Bumi diperoleh dari proses fotosintesis ini, sementara hanya 1%-nya yang berasal dari fotodisosiasi.

Aktifitas Geologi

Aktifitas geologi di Bumi dimungkinkan ada karena tersedianya sumber panas internal di pusat Bumi. Aktifitas geologi ini diperlukan dalam menjalankan siklus karbonat-silikat yang akan mengontrol temperatur atmosfer secara menyeluruh. Ketiadaan aktifitas geologi ini akan membuat lingkungan mengalami pendinginan hingga menjadi zaman es abadi.

Siklus karbonat-silikat seperti yang kita jumpai berlangsung di Bumi, dimulai dengan reaksi antara karbon dioksida dengan mineral-mineral silikat. Hasil reaksi yang terbentuk akan terbawa sampai ke laut dan tersimpan dalam bentuk deposit karbonat. Selanjutnya, melalui aktifitas geologi seperti proses tektonik, deposit karbonat tersebut dapat mencapai litosfer (lapisan batuan) di permukaan Bumi. Setibanya di permukaan Bumi, deposit karbonat akan mengalami pemanasan dan diubah kembali menjadi karbon dioksida melalui aktifitas vulkanik. Keberadaan karbon dioksida di atmosfer akan menahan kalor yang diterima dari Matahari lepas kembali untuk menjaga kestabilan temperatur di permukaan. Sumber panas internal bagi planet-planet seperti Bumi berasal dari peluruhan isotop radioaktif. Semakin masif planet yang bersangkutan, semakin lama siklus karbonat-silikat yang dapat berlangsung.

Pada satelit-satelit *extrasolar planets*, selain peluruhan isotop radioaktif, sumber panas internal yang mereka miliki juga diperoleh dari proses pemanasan akibat pasang-surut (*tidal heating*). Io, salah satu satelit terbesar Jupiter, adalah contohnya. Satelit paling dalam di antara ke empat satelit Galilean ini dipastikan mengalami *tidal heating* dan menjadikannya benda langit alami pengiring planet dengan aktifitas vulkanik paling aktif di Tata Surya kita. Besar-kecilnya *tidal heating* sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti massa satelit dan planet induknya, struktur internal satelit yang bersangkutan, ukuran setengah sumbu-panjang dan kelonjongan orbit satelit, serta jauh-dekatnya orbit satelit ini terhadap satelit lain (bila ada) dalam sistem tersebut.

Panjang Hari

Model komputer yang ada menunjukkan bahwa sembarang satelit yang mengorbit *extrasolar planets* dapat mencapai sinkronisasi orbit, artinya waktu yang diperlukan satelit tersebut untuk satu kali ber-rotasi sama dengan selang waktu yang diperlukannya untuk satu kali mengelilingi planet induk (revolusi). Menurut definisi sinkronisasi orbit yang lebih tegas, periode rotasi satelit tersebut juga tepat sama dengan periode rotasi planetnya.

Peristiwa yang sama telah terjadi pada Bulan kita. Selama ini wajah Bulan yang menghadap Bumi adalah wajah yang sama, hasil dari interaksi pasang-surut selama lebih dari ratusan juta tahun yang lalu. Satu hari di Bulan berjalan lebih lama daripada di Bumi, yakni selama lebih kurang 27 hari Bumi (sama dengan waktu yang diperlukannya untuk mengitari Bumi satu kali). Kasus yang lebih ekstrim terjadi pada satu-satunya satelit Pluto, Charon. Selain memiliki periode rotasi yang sama dengan periode orbitnya, periode rotasi Charon juga sama dengan periode rotasi Pluto

(sekitar 6 hari Bumi). Sebagai akibatnya, selain bahwa wajah Charon yang sama selalu menghadap ke Pluto, juga wajah Charon hanya dapat dinikmati dari permukaan Pluto dari satu belahan saja. Bayangkan, malam hari di satu belahan Pluto akan selalu berhiaskan wajah Charon, sementara malam hari di belahan lainnya tidak akan pernah menjumpai penampakan satelit tersebut.

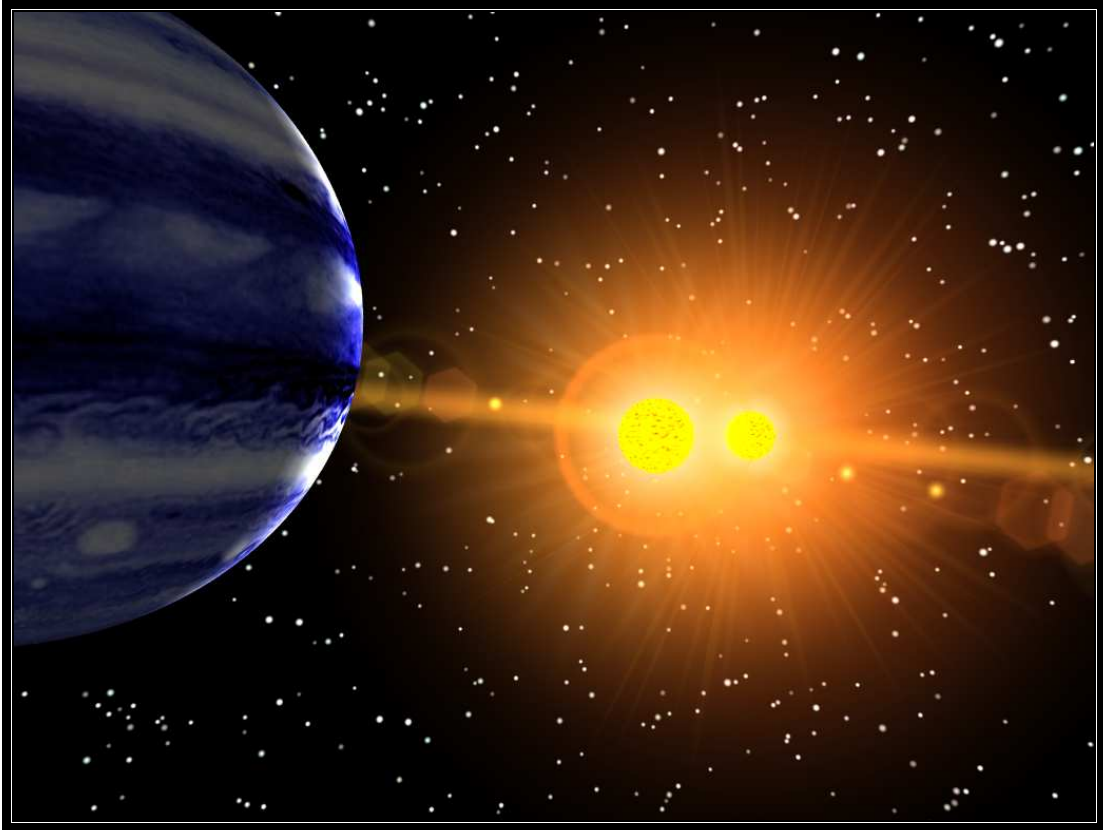
Dengan asumsi bahwa satelit-satelit yang dimiliki *extrasolar planets* memiliki periode orbit 1,7 – 16 hari Bumi seperti halnya satelit-satelit terbesar yang ada di Tata Surya kita, perhitungan yang dilakukan Stephen Dole (1960) menunjukkan bahwa satelit dengan atmosfer seperti yang dimiliki Bumi tidak akan mampu menyediakan tempat yang dapat mendukung kehidupan saat periode rotasinya lebih dari 4 hari. Pada kondisi ini, perubahan temperatur di permukaan satelit akan menjadi sangat besar.

Ukuran Orbit

Ukuran orbit, dalam hal ini setengah sumbu-panjang dan kelonjongan, sangat berpengaruh terhadap daya dukung planet. Sejumlah *extrasolar planets* yang berhasil ditemukan sejauh ini berada di dalam *habitable zone* tersebut. Sementara itu, sejumlah lainnya diketahui memiliki orbit yang sangat eksentrik (elips) yang berakibat pada perbedaan jumlah kalor yang diterima planet dan satelit dari bintang induknya.

Saat planet dan satelit pengiring berada di titik terjauh di dalam orbit, jumlah kalor yang diterimanya akan lebih sedikit daripada saat mereka berada di titik terdekat di dalam orbit. Semakin elips bentuk suatu orbit, akan semakin besar pula perbedaan jumlah kalor yang diterima permukaan planet dan satelit pada saat berada di titik terdekat dan terjauhnya. Sebagai contoh adalah seperti yang terjadi pada sistem keplanetan *16 Cygni B* yang berada dalam sistem bintang ganda berpasangan dengan bintang *16 Cygni A*. Planet yang mengorbit bintang *16 Cygni B* memiliki kelonjongan yang besar, senilai 0,67.

Bintang *16 Cygni B* sebagai bintang induk memiliki luminositas (jumlah energi yang dipancarkan seluruh permukaan bintang ke segala arah per detiknya) sebesar 1,4 kali luminositas Matahari (luminositas Matahari= 385 trilyun trilyun Watt). Meskipun rata-rata jumlah energi yang diterima planet dari bintang induknya hanya setengah kali yang diterima Bumi dari Matahari, akibat orbit planet yang sangat lonjong variasi yang terjadi sangat besar, dari 20% hingga 260% jumlah energi yang diterima permukaan Bumi. Tentunya hal ini berpengaruh pula terhadap satelit yang mengiringi planet tersebut.



Ferry M.S. (ProDi Astronomi FMIPA ITB)

Sistem keplanetan bintang ganda *16 Cygni*. Bintang ke dua dalam sistem bintang ganda tersebut, *16 Cygni B*, diketahui memiliki sebuah planet (*16 Cyg B b*) yang mengiringinya. Planet bermassa $1,5 M_{\text{Jupiter}}$ tersebut mengorbit pada jarak 1,7 AU dalam waktu 804 hari Bumi.

Penutup

Serangkaian penemuan hingga lebih dari 600 buah *extrasolar planets* (planet-planet luar Tata Surya) selama ini telah membangkitkan kembali suatu gairah besar kemanusiaan pada umumnya. Bukan saja terkait dengan kecanggihan teknologi yang digunakan, lebih jauh lagi adalah memberi peluang jawaban atas persoalan klasik perihal unik-tidaknya keberadaan kita di alam semesta.

Akankah satelit-satelit alam yang mengiringi planet-planet gas raksasa tersebut suatu saat di masa depan dapat menjadi tempat yang nyaman untuk dihuni? Seperti halnya Bumi yang perlu waktu untuk menyediakan lingkungan yang nyaman bagi keberadaan kehidupan, semua amat tergantung pada proses evolusi yang berlangsung di sana. Kalaupun di suatu saat nanti terbukti mampu menyediakan tempat yang nyaman bagi keberlangsungan kehidupan, mungkinkah peradaban manusia di muka Bumi ini berusia cukup panjang untuk bisa menyaksikannya? Ataupun justru umat manusia telah berhasil membentuk koloni di ruang angkasa seperti yang diimpikan mendiang astronom besar Carl Sagan? Atau melakukan perjalanan antarbintang dan menemukan daerah layak huni lainnya sebagai pengganti Bumi yang telah sesak? Segalanya serba mungkin, dan yang terpenting adalah kesadaran untuk merawat Bumi yang telah menghidupi kita sekian lama ini.