

BAB III

ARAH KIBLAT DENGAN AZIMUT PLANET

A. Pengertian dan Ruang Lingkup Planet

Tata surya merupakan suatu sistem dengan pusat Matahari dikelilingi delapan planet, ratusan ribu asteroid⁶², puluhan ribu komet⁶³, meteor⁶⁴, dan debu antar planet.

Tata surya diduga terbentuk 4,6 miliar tahun lalu. Sampai sekarang pendapat yang dianut adalah semua objek tata surya terbentuk dari materi awal yang sama. Selama proses pembentukan tata surya, materi pembentuk planet berkondensasi dan temperaturnya menurun. Diperlukan beberapa juta tahun hingga tercapai keadaan seperti yang teramati sekarang. Di bawah ini akan diberikan keterangan tentang salah satu anggota tata surya, yaitu planet.⁶⁵

1. Merkurius

Planet ini adalah planet yang paling kecil dan paling dekat dengan Matahari. Suhnya tentu paling tinggi. Pada siang hari suhu di Merkurius bisa mencapai 500°-600°kelvin (0°C=273 kelvin).

⁶² Asteroid adalah kumpulan planet kecil yang terdapat di antara orbit Mars dan Yupiter

⁶³ Komet adalah anggota tata surya yang terdiri atas pecahan benda angkasa, es dan gas yang membeku.

⁶⁴ Meteor adalah benda angkasa berupa pecahan batuan angkasa yang jatuh dan masuk ke dalam atmosfer Bumi. Ketika meteor masuk ke dalam atmosfer bumi maka akan terjadi gesekan dengan udara sehingga benda tersebut akan menjadi panas dan terbakar.

⁶⁵ UPT Observatorium Bosscha Institut Teknologi Bandung, *Perjalanan Mengenal Astronomi*, Bandung : ITB Bandung, 1995. hlm. 24.

Jika Bumi membutuhkan waktu satu tahun untuk sekali mengelilingi Matahari, Merkurius hanya memerlukan 88 hari saja. Karena letaknya yang terlalu dekat dengan Matahari, maka waktu paling baik untuk melihat planet ini adalah pada saat elongasi paling besar, yaitu pada langit fajar atau sore sesaat sebelum Matahari terbit atau tenggelam. Merkurius tidak beratmosfer. Permukaannya yang berkawah dan berlubang dapat dilihat oleh wahana antariksa.⁶⁶

Tabel 1. Data Planet Merkurius

Data Merkurius ⁶⁷	
Jarak rata-rata ke Matahari	0,387 AU = $5,79 \times 10^7$ km
Jarak Maksimum ke Matahari	0,467 AU = $6,98 \times 10^7$ km
Jarak Minimum ke Matahari	0,307 AU = $4,60 \times 10^7$ km
Eksentrisitas Orbit ⁶⁸	0,206
Kecepatan Rata-rata Revolusi	47,9 km/detik
Periode Revolusi	87,969 hari
Periode Rotasi	58,646 hari
Sudut Inklinasi dari Ekuator Matahari	$3^{\circ} 22' 48''$
Sudut Inklinasi dari Ekliptika	$7^{\circ} 00' 16''$
Diameter	4.880 km = 0,383 diameter Bumi
Massa Jenis	$3,302 \times 10^{23} = 0,0553$ massa Bumi
Gravitasi Permukaan (Bumi = 1)	0,38
Rata-rata Suhu Permukaan	Siang = 350°C , Malam = -170°C
Atmosfer	Tidak Ada

⁶⁶ UPT Observatorium Bosscha Institut Teknologi Bandung, *Perjalanan...* hlm. 24

⁶⁷ Roger A. Freedman, dkk. *Universe*, United States of America : W.H. Freeman and Company, 2008, hlm. 279.

⁶⁸ 0 untuk lingkaran sempurna, dan 1 untuk parabola.

Merkurius adalah benda langit yang cukup terang, kecerlangannya hanya dapat dikalahkan oleh Matahari, Bulan, Venus, Mars, Yupiter dan bintang Sirius. Sayangnya planet ini sangat sulit diamati karena kedudukannya yang sangat dekat dengan Matahari.

Planet ini hanya biasa diamati pada saat menjelang Matahari terbit atau setelah Matahari terbenam. Dalam kedudukan elongasi Timur, Merkurius kelihatan di Horison Barat beberapa saat setelah Matahari terbenam. Saat sedang berelongasi Barat, planet ini akan tampak di atas ufuk Timur beberapa saat sebelum Matahari terbit. Merkurius kelihatan di langit paling lama 2 jam sebelum Matahari terbit atau 2 jam setelah Matahari terbenam sehingga hanya tampak pada saat langit belum sepenuhnya gelap, atau sudah mulai terang, karena elongasi maksimumnya hanya 28^{069} untuk elongasi Barat dan 18° untuk elongasi Timur.⁷⁰ (perbedaan elongasi maksimum Barat dan Timur disebabkan orbit Merkurius yang memiliki eksentrisitas 0,206, dan sudah membentuk elips)

Merkurius merupakan salah satu planet yang paling susah diamati karena kedudukannya yang sangat dekat dengan Matahari. Oleh sebab itu, Merkurius menjadi sebuah planet yang paling sedikit dipelajari.⁷¹

2. Venus

Orang Yunani dulu kala menamakan planet ini sesuai dengan nama dewi kecantikan mereka. Karena kecerlangannya, planet ini memang

⁶⁹ A. Gunawan Admiranto, *Menjelajahi Tata Surya*, Yogyakarta : Penerbit Kanisius, 2009, hlm. 46-47

⁷⁰ Roger A. Freedman, dkk. *Universe...* hlm. 278

⁷¹ A. Gunawan Admiranto, *Menjelajahi...* hlm. 46-47

terlihat cantik di langit senja atau fajar. Pada saat tertentu, Venus adalah benda paling terang ketiga di langit setelah Matahari dan Bulan. Saat itu Venus merupakan planet terdekat dengan Bumi. Garis tengah Venus, kira-kira 12.000 km, sedikit lebih kecil daripada garis tengah Bumi pada khatulistiwa, yaitu 12.756 km. Massa Venus 81,4 % massa Bumi, yang berarti kerapatannya lebih rendah.

Perputaran Venus pada porosnya terbalik dibanding dengan arah edarnya dalam orbit mengelilingi Matahari. Perputaran mundur Venus ini sangat lambat, bahkan yang paling lambat dibanding kecepatan rotasi tujuh planet yang lain. Venus bergasing pada porosnya satu kali dalam 243 hari Bumi. Planet ini mempunyai atmosfer yang tebal sekali, jadi permukaannya tidak terlihat.⁷²

Tabel 2. Data Planet Venus

Data Venus ⁷³	
Jarak rata-rata ke Matahari	0,723 AU = 1,082 x 10 ⁸ km
Jarak Maksimum ke Matahari	0,728 AU = 1,089 x 10 ⁸ km
Jarak Minimum ke Matahari	0,718 AU = 1,075 x 10 ⁸ km
Eksentrisitas Orbit	0,0068
Kecepatan Rata-rata Revolusi	35,0 km/detik
Periode Revolusi	224,70 hari
Periode Rotasi	243,01 hari
Sudut Inklinalasi dari Ekuator Matahari	3° 51' 36''
Sudut Inklinalasi dari Ekliptika	3° 23' 24''
Diameter	12.104 km = 0,949 diameter Bumi

⁷² UPT Observatorium Bosscha Institut Teknologi Bandung, *Perjalanan...* hlm. 25

⁷³ Roger A. Freedman, dkk. *Universe...* hlm. 280.

Massa Jenis	$4,868 \times 10^{24} = 0,815$ massa Bumi
Gravitasi Permukaan (Bumi = 1)	0,91
Rata-rata Suhu Permukaan	460°C
Atmosfer	96,5% CO ₂ , 3,5 % N ₂ , 0,003 H ₂ O.

Seperti Merkurius, Venus adalah planet inferior⁷⁴ dengan elongasi maksimum 48°⁷⁵ Itulah sebabnya suatu saat planet ini terlihat di pagi hari, kira-kira sepuluh bulan kemudian terlihat di sore hari, tetapi tidak pernah terlihat di malam hari.⁷⁶

Gambar I. Elongasi Maksimum Planet Inferior⁷⁷

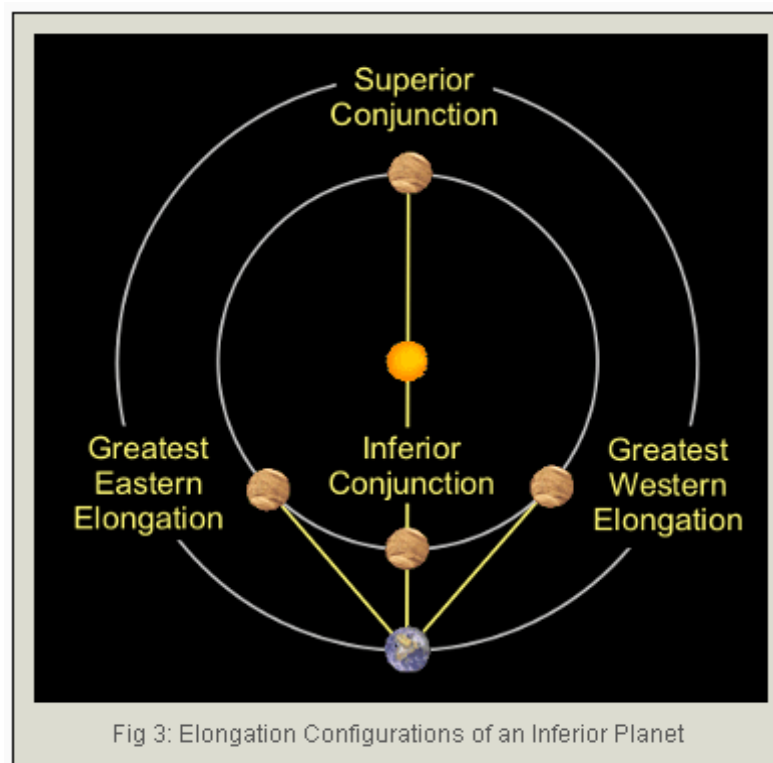


Fig 3: Elongation Configurations of an Inferior Planet

⁷⁴ Planet-planet yang orbitnya terletak di dalam orbit Bumi.

⁷⁵ Persamaan elongasi Barat dan timur disebabkan oleh eksentrisitas planet Venus yang hampir mendekati 0, (sudah mendekati lingkaran sempurna) R. C. Smith, *The New Cosmos*, New York : Springer-Verlag, 1983. hlm.24, lihat pula Roger A. Freedman, dkk. *Universe...* hlm. 278

⁷⁶ A. Gunawan Admiranto, *Menjelajahi...* hlm. 58

⁷⁷ <http://astro.unl.edu/naap/ssm/modeling2.html> diakses pada 22 Oktober 2016 pukul 14:23

Dalam orbitnya mengelilingi Matahari, planet inferior tampak berpindah-pindah kedudukannya jika dilihat dari Bumi. Ini disebabkan konfigurasi planet, Bumi dan Matahari yang selalu berubah. Sudut yang dibentuk oleh konfigurasi posisi planet terhadap Matahari dan Bumi disebut sudut Elongasi.

Untuk planet inferior pada saat elongasi nol dan planet berada di antara Bumi dan Matahari, planet ini dikatakan berada dalam keadaan konjungsi bawah. Setelah mencapai kedudukan ini, planet bergerak ke Barat, dan sudut yang dibentuk adalah sudut elongasi Barat. Dengan berjalannya waktu, sudut elongasi planet bertambah besar sampai mencapai suatu harga maksimum (membentuk sudut elongasi Barat maksimum). Setelah mencapai harga maksimum, sudut elongasi mengecil lagi sampai menjadi nol. Pada keadaan ini planet dikatakan berada di kedudukan konjungsi atas. Setelah posisi ini dicapai, planet bergerak ke Timur lalu mencapai suatu harga maksimum (membentuk sudut elongasi Timur maksimum). Setelah kedudukan ini dicapai, sudut elongasi mengecil lagi dan akhirnya planet sampai pada kedudukan konjungsi bawah lagi. Waktu yang diperlukan planet untuk mencapai dua kedudukan serupa secara berturut-turut dinamakan periode sinodis.⁷⁸

3. Bumi

Planet ini adalah tempat kita tinggal dan merupakan satu-satunya planet dalam tata surya yang mempunyai penghuni. Setelah wahana

⁷⁸ A. Gunawan Admiranto, *Menjelajahi ...* hlm. 8

antariksa yang membawa kamera berhasil diluncurkan cukup jauh dari Bumi, diketahui Bumi terlihat kebiru-biruan, tidak seterang Venus karena daya pantulnya lebih rendah dan jaraknya dari Matahari lebih jauh. Bentuk-bentuk di permukaan Bumi tidak sejelas yang terlihat di Mars akibat lebih tebalnya atmosfer dan adanya awan putih yang cemerlang. Bumi mempunyai sebuah satelit alam yang mengelilinginya, yaitu Bulan.⁷⁹

Tabel 3. Data Planet Bumi

Data Bumi ⁸⁰	
Jarak rata-rata ke Matahari	1,495 x 10 ⁸ km
Eksentrisitas Orbit	0,01671123
Kecepatan Rata-rata Revolusi	29,78 km/detik
Periode Revolusi	365,256363004 hari
Periode Rotasi	23 ^j 56 ^m 4,09 ^d
Sudut Inklinalasi dari Ekuator Matahari	7° 09' 18''
Diameter	12.756 km
Massa Jenis	5,97219 x 10 ²⁴
Rata-rata Suhu Permukaan	Min -89,2°C, Rata-rata 15°C, Maks 56,7°C
Atmosfer	78,08% N ₂ , 20,95% O ₂ , 0,93% Ar, 0,039% C, 1% H ₂ O

4. Mars

Mars mudah kita kenali di langit malam, karena warnanya yang kemerah-merahan akibat oksidasi besi di daerah dekat permukaannya. Mars adalah nama dewa perang Yunani; planet ini diberi nama demikian karena warna merah Mars mengingatkan pada warna darah.

⁷⁹ UPT Observatorium Bosscha Institut Teknologi Bandung, *Perjalanan...* hlm. 25

⁸⁰ Roger A. Freedman, dkk. *Universe...* hlm. 280.

Mars mempunyai atmosfer tipis. Warna permukaannya berubah menurut perubahan musim. Adanya perubahan warna-warni yang bersesuaian dengan musim menimbulkan dugaan adanya kehidupan tingkat rendah, seperti halnya tetumbuhan sederhana. Mars memiliki dua satelit, Phobos dan Deimos, yang bentuknya tidak beraturan dan tidak bulat seperti Bulan.⁸¹

Tabel 4. Data Planet Mars

Data Mars ⁸²	
Jarak rata-rata ke Matahari	1,524 AU = 2,279 x 10 ⁸ km
Jarak Maksimum ke Matahari	1,666 AU = 2,492 x 10 ⁸ km
Jarak Minimum ke Matahari	1,381 AU = 2,067 x 10 ⁸ km
Eksentrisitas Orbit	0,093
Kecepatan Rata-rata Revolusi	24,1 km/detik
Periode Revolusi	686,98 hari
Periode Rotasi	24 ^j 37 ^m 22 ^d
Sudut Inklinasi dari Ekuator Matahari	5° 39' 00''
Sudut Inklinasi dari Ekliptika	1° 51' 00''
Diameter	6.794 km = 0,533 diameter Bumi
Massa Jenis	6,418 x 10 ²³ = 0,107 massa Bumi
Gravitasi Permukaan (Bumi = 1)	0,38
Rata-rata Suhu Permukaan	Maks = 20°C, Rata-rata = -23°C, Min = -140°C
Atmosfer	95,3% CO ₂ , 2,7% N ₂ , 0,03% H ₂ O, 2% Gas Lain.

Jika dilihat dengan menggunakan mata telanjang, Mars tampak berwarna merah, oranye, atau kekuningan. Kecerlangan planet ini

⁸¹ UPT Observatorium Bosscha Institut Teknologi Bandung, *Perjalanan...* hlm. 26

⁸² Roger A. Freedman, dkk. *Universe...* hlm. 281.

berubah-ubah dengan tingkat perubahan yang lebih besar dari pada yang dialami planet-planet lain. Jika diamati menggunakan teleskop, Mars ini tampak berwarna merah karena adanya oksida besi yang terdapat di permukaannya. Dalam mengorbit matahari, planet ini berotasi pada sumbunya dengan periode 24 jam 37 menit 22 detik. Sumbu rotasi Mars tidak tegak lurus pada bidang orbitnya, tetapi membentuk sudut sebesar 25° terhadap garis yang tegak lurus bidang ini, dan kemiringan sumbu rotasi ini mengakibatkan adanya perubahan musim seperti yang terjadi di Bumi.

Mars adalah planet superior dengan periode 686,98 hari. Ini mengakibatkan setiap 26 bulan, Mars mengalami oposisi dan berada di atas horizon sepanjang malam dan sangat mudah diamati. Saat terdekat dengan Bumi, resolusi terbaik yang bisa diperoleh adalah 25 detik busur atau setara dengan jarak linear 100 km. Pada jarak ini, bisa diamati adanya tudung kutub yang cukup terang dan adanya perubahan di permukaan yang menunjukkan adanya atmosfer yang cukup dinamis. Saat seperti ini berlangsung dua kali setiap 32 tahun, bergantian setiap 15 dan 17 tahun, dan selalu antara akhir Juli dan akhir September.⁸³

5. Yupiter

Yupiter adalah planet terbesar di dalam tata surya kita. Planet ini mempunyai 16 satelit. Empat yang terbesar adalah Io, Europa, Ganymede

⁸³ A. Gunawan Admiranto, *Menjelajahi...* hlm. 106-107

dan Callisto. Keempat satelit ini diberi nama Bulan Galilean, karena ditemukan oleh Galileo Galilei, seorang astronom Italia.

Bagian terbesar materi Jupiter berupa gas, bukan padat seperti Bumi. Jupiter hanya membutuhkan waktu kurang dari 10 jam untuk berotasi, jauh lebih cepat daripada rotasi planet yang noda merah besar Jupiter di sekitar ekuator merupakan corak paling mencolok pada planet itu. Diduga di bawah lapisan angkasa Jupiter yang tebal terdapat gunung api yang menimbulkan noda merah tersebut.⁸⁴

Tabel 5. Data Planet Jupiter

Data Jupiter ⁸⁵	
Jarak rata-rata ke Matahari	5,203 AU = 7,763 x 10 ⁸ km
Jarak Maksimum ke Matahari	5,455 AU = 8,160 x 10 ⁸ km
Jarak Minimum ke Matahari	4,950 AU = 7,406 x 10 ⁸ km
Eksentrisitas Orbit	0,048
Kecepatan Rata-rata Revolusi	13,1 km/detik
Periode Revolusi	11,86 tahun
Periode Rotasi	9 ^j 50 ^m 26 ^d
Sudut Inklinasi dari Ekuator Matahari	6° 05' 24''
Sudut Inklinasi dari Ekliptika	1° 18' 00''
Diameter	142.984 km = 11,209 diameter Bumi
Massa Jenis	1,899 x 10 ²³ = 317,8 massa Bumi
Gravitasi Permukaan (Bumi = 1)	2,36
Rata-rata Suhu Permukaan	-108°C
Atmosfer	86,2% H ₂ , 13,6% He, 0,2% CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O dan gas lain.

⁸⁴ UPT Observatorium Bosscha Institut Teknologi Bandung, *Perjalanan...* hlm. 26.

⁸⁵ Roger A. Freedman, dkk. *Universe...* hlm. 324.

Yupiter pertama kali diamati menggunakan teleskop oleh Galileo. Dialah yang pertama kali mendapati kalau Yupiter memiliki beberapa satelit. Waktu itu (tahun 1610) dengan menggunakan teleskop sederhana buatannya sendiri, ia berhasil menemukan empat satelit Yupiter. Satelit-satelit ini, yang kemudian diberi nama satelit-satelit Galilean, kemudian diberi nama Io, Europa, Ganymede, dan Callisto oleh Simon Marius, seorang astronom Jerman yang secara pribadi menemukan satelit-satelit ini. Nama Io diambil dari nama salah seorang kekasih Zeus, Europa dari nama seorang putri Raja Fenisia yang diculik oleh Zeus dan dibawa ke kreta, Ganymede adalah pembawa piala Zeus yang sangat dikasihinya, dan nama Callisto diambil dari seorang peri Yunani yang dikutuk menjadi beruang Hera (istri Zeus) yang cemburu kepadanya karena Zeus menyukai Callisto.

Planet Yupiter ini berputar dengan laju rotasi yang cukup besar. Satu putaran ditempuhnya kurang dari 10 jam, dibandingkan dengan laju rotasi Bumi yang besarnya 24 jam. Karena sumbangan bahan padat pada komposisi Yupiter sedikit, akibatnya rotasi Yupiter menjadi agak pepat. Jari-jari Yupiter di kutub lebih kecil dari pada jari-jarinya di ekuator. Kalau perbedaan diameter Bumi di kutub dengan di ekuator hanyalah 1/298 bagian, perbedaan diameter Yupiter di kutub dengan di ekuator 1/25 bagian. Papatnya Yupiter bisa kelihatan jelas kalau kita mengamati planet ini dengan menggunakan teleskop.⁸⁶

⁸⁶ A. Gunawan Admiranto, *Menjelajahi...* hlm. 134

Pengamatan menggunakan teleskop memperlihatkan bahwa di Jupiter terdapat pita-pita gelap dan terang yang membujur sepanjang arah rotasi planet ini. Adanya pita-pita gelap dan terang ini berasal dari arus konveksi yang bergerak dari dalam Jupiter. Daerah-daerah terang adalah daerah-daerah tempat gas-gas dari dalam sampai di permukaan, sedang daerah-daerah gelap adalah daerah-daerah tempat turunnya gas-gas itu ke bagian planet yang lebih dalam. Pita-pita ini sebenarnya bisa dianggap sebagai daerah-daerah badai yang terus menerus berlangsung di Jupiter. Daerah-daerah ini kadang-kadang berubah penampakannya, dan ada satu daerah yang sangat menonjol karena bentuk, warna dan besarnya sangat menarik perhatian. Daerah ini dikenal dengan nama *Great Red Spot* (bintik merah besar).⁸⁷

6. Saturnus

Di luar lintasan Jupiter, kita akan menemukan planet yang paling indah, yaitu Saturnus. Planet ini memiliki sistem cincin yang simetris, yang memperlihatkan keagungan tak tertandingi. Ada 3 lapis cincin pada planet ini, yang dipisahkan oleh garis batas Cassini. Cincin ini terbentuk dari jutaan partikel lembut yang saling terpisah.

Cincin cemerlang ini diduga berasal dari satelit yang tidak pernah terbentuk, karena letaknya yang terlalu dekat Saturnus. Gaya ganggu Saturnus membuat calon satelit itu tidak stabil.

⁸⁷ A. Gunawan Admiranto, *Menjelajahi...* hlm. 135

Dalam banyak hal Saturnus mirip dengan Yupiter. Angkasa planet ini terdiri dari gas metana. Saturnus memiliki banyak satelit, yaitu 14 buah. Karena jaraknya yang jauh dari Matahari, atmosfer Saturnus sangat dingin, hanya bisa mencapai 100 kelvin.⁸⁸

Tabel 6. Data Planet Saturnus

Data Saturnus ⁸⁹	
Jarak rata-rata ke Matahari	9,572 AU = 1,432 x 10 ⁹ km
Jarak Maksimum ke Matahari	10,081 AU = 1,508 x 10 ⁹ km
Jarak Minimum ke Matahari	9,063 AU = 1,256 x 10 ⁹ km
Eksentrisitas Orbit	0,053
Kecepatan Rata-rata Revolusi	9,64 km/detik
Periode Revolusi	29,37 tahun
Periode Rotasi	10 ^h 13 ^m 59 ^d
Sudut Inklinasi dari Ekuator Matahari	5° 30' 36''
Sudut Inklinasi dari Ekliptika	2° 28' 48''
Diameter	120.536 km = 9,449 diameter Bumi
Massa Jenis	5,685 x 10 ²⁶ = 95,16 massa Bumi
Gravitasi Permukaan (Bumi = 1)	0,92
Rata-rata Suhu Permukaan	-180°C
Atmosfer	96,3% H ₂ , 3,3% He, 0,4% CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O dan gas lain.

Pada tahun 1610, Galileo sudah mendapatkan bahwa Saturnus seperti memiliki semacam satelit yang selalu mengikutinya. Baru pada tahun 1659, Cristian Huygens, seorang Belanda, memastikan bahwa yang dilihat Galileo adalah cincin yang mengitari planet ini. saat itu bahkan sudah

⁸⁸ UPT Observatorium Bosscha Institut Teknologi Bandung, *Perjalanan...* hlm. 27.

⁸⁹ Roger A. Freedman, dkk. *Universe...* hlm. 325.

dipastikan bahwa cincin Saturnus terdiri dari dua bagian, yang kemudian diberi nama bagian A dan B.

Cincin Saturnus terletak pada bidang ekuator Saturnus. Kedudukan sumbu Saturnus pada bidang orbit planet ini miring sebesar 27° , itulah sebabnya penampakan cincin ini selalu berubah saat dilihat dari Bumi. Kadang-kadang, kita seolah-olah melihat cincinnya dari “atas”, lalu seakan-akan hilang, kemudian tampak seolah-olah dari “bawah”, tergantung konfigurasi Bumi dan Saturnus pada saat tertentu.⁹⁰

Saturnus cukup besar ukurannya, 80% dari ukuran Yupiter. Dalam banyak hal, Saturnus mirip dengan Yupiter, misalnya komposisi, satelit-satelitnya yang banyak, dan atmosfernya.

Saturnus sendiri merupakan sebuah planet raksasa yang ukurannya 9 kali lebih besar dari ukuran Bumi, dan massanya 95,16 kali lebih besar dengan rapat massa rata-rata 0.705 gr/cm^3 . Kerapatan Saturnus kurang dari kerapatan air. Seandainya ada bak air raksasa yang mampu menampung, planet ini akan mengambang.

Kerapatannya yang rendah membuat kita berpikir bahwa Saturnus mirip dengan Yupiter; tersusun dari bahan-bahan yang sangat ringan, seperti hidrogen dan helium dengan perbandingan unsur lain yang jauh lebih besar dari yang dimiliki Yupiter.

Saturnus, seperti Yupiter, memiliki laju rotasi yang cepat. Planet ini berotasi dengan periode lebih dari 10 jam sehingga Saturnus menjadi

⁹⁰ A. Gunawan Admiranto, *Menjelajahi...* hlm. 155-156

pepat; paling pepat di antara semua planet anggota tata surya. Diameter planet di ekuator adalah 120.536 km, sedang diameternya di kutub adalah sebesar 108,728 km yang berarti selisihnya mencapai 10%.⁹¹

7. Uranus

Kira-kira dua abad setelah ditemukannya teleskop oleh Galileo Galilei tahun 1609, Sir William Herschel dari Inggris secara kebetulan menemukan suatu bulatan redup kecil di antara titik-titik bintang.

Pada mulanya diduga komet, tetapi dari penelitian lintasan beberapa bulan kemudian ternyata benda redup tadi adalah planet. Planet ini diberi nama Uranus, seperti halnya planet lain menggunakan nama dewa Yunani. Uranus juga memiliki cincin, bahkan sampai lima lapis. Tetapi cincin-cincin itu tipis sekali dan sulit diamati.⁹²

Tabel 7. Data Planet Uranus

Data Uranus ⁹³	
Jarak rata-rata ke Matahari	19,194 AU = 2,871 x 10 ⁹ km
Jarak Maksimum ke Matahari	20,017 AU = 2,995 x 10 ⁹ km
Jarak Minimum ke Matahari	18,371 AU = 2,748 x 10 ⁹ km
Eksentrisitas Orbit	0,0429
Kecepatan Rata-rata Revolusi	6,83 km/detik
Periode Revolusi	84,099 tahun
Periode Rotasi	17 ^h 14 ^m 24 ^d
Sudut Inklinalasi dari Ekuator Matahari	6° 28' 48''
Sudut Inklinalasi dari Ekliptika	0° 46' 12''
Diameter	51.118 km = 4,007 diameter Bumi

⁹¹ A. Gunawan Admiranto, *Menjelajahi...* hlm. 157

⁹² UPT Observatorium Bosscha Institut Teknologi Bandung, *Perjalanan...* hlm. 27

⁹³ Roger A. Freedman, dkk. *Universe....* hlm. 380.

Massa Jenis	$8,682 \times 10^{25} = 14,53$ massa Bumi
Gravitasi Permukaan (Bumi = 1)	0,90
Rata-rata Suhu Permukaan	-218°C
Atmosfer	82,5% H ₂ , 15,2% He, 2,3% CH ₄ .

Uranus relatif belum lama ditemukan karena jaraknya dari Matahari dua kali jarak Saturnus (2.900 juta km dari Matahari). Jaraknya yang jauh ini membuat pergerakannya lambat sekali, satu kali revolusi ditempuhnya dalam waktu 84,099 tahun (bandingkan dengan orbit Saturnus yang hanya waktu 29.37 tahun). Akibatnya para pengamat sering salah menafsirkan planet ini dengan bintang yang sangat lemah cahayanya.

Orbit Uranus sangat aneh, jika planet-planet lain memiliki bidang orbit yang hampir tegak lurus dengan sumbu rotasinya, pada Uranus tidak demikian. Sudut yang dibentuk sumbu rotasi terhadap bidang orbit cukup kecil (8°), jadi pada saat mengorbit Matahari planet ini seperti menggelinding. Uranus memiliki orbit semacam ini mungkin karena beberapa waktu setelah terbentuk Uranus bertumbukan dengan benda yang sangat besar sehingga seperti terdorong dan akhirnya memiliki orbit seperti yang sekarang ini

Posisi unik Uranus di orbitnya ini mengakibatkan cahaya Matahari jatuh di daerah kutub-kutubnya, bukannya di daerah ekuator seperti pada planet-planet lain. Satu tahun Uranus berlangsung 84 tahun lamanya sehingga masing-masing kutub secara bergantian mendapatkan cahaya Matahari selama 42 tahun. Dalam keadaan ini ekuator Uranus setiap tahun

Uranus mengalami 2 musim dingin dan 2 musim panas.⁹⁴ Planet uranus ini tidak bisa dilihat dengan mata telanjang.⁹⁵

8. Neptunus

Setelah penelitian beberapa lama ternyata diketahui orbit Uranus menyimpang dari lintasan yang seharusnya. Para ahli menduga simpangan itu merupakan akibat gangguan planet lain di luar Uranus.

Mulai perhitungan matematik berhasil diketahui letak benda pengganggu planet tersebut pada tahun 1846. Lintasan benda pengganggu memperlihatkan bahwa ia adalah sebuah planet, yang kemudian dinamakan Neptunus. Untuk sekali mengitari Matahari, Neptunus memerlukan waktu 165 tahun. Planet gas ini hanya memiliki dua buah satelit, yaitu Triton dan Neroid.⁹⁶

Tabel 8. Data Planet Neptunus

Data Neptunus ⁹⁷	
Jarak rata-rata ke Matahari	30,066 AU = 4,498 x 10 ⁹ km
Jarak Maksimum ke Matahari	30,367 AU = 4,543 x 10 ⁹ km
Jarak Minimum ke Matahari	29,765 AU = 4,453 x 10 ⁹ km
Eksentrisitas Orbit	0,010
Kecepatan Rata-rata Revolusi	5,5 km/detik
Periode Revolusi	164,86 tahun
Periode Rotasi	15 ^h 58 ^m 12 ^d
Sudut Inklinalasi dari Ekuator Matahari	6° 25' 48''

⁹⁴ A. Gunawan Admiranto, *Menjelajahi...* hlm. 173-174

⁹⁵ Tyan Kirana, *RPAL (Rangkuman Ilmu Pengetahuan Alam Lengkap)*, Lembaga Langit Indonesia, tt. hlm. 130. Lihat pula Kinkin Suartini, *Rangkuman Fisika SMP*, Jakarta Selatan : Gagas Media, 2010. hlm. 343

⁹⁶ UPT Observatorium Bosscha Institut Teknologi Bandung, *Perjalanan...* hlm. 28

⁹⁷ Roger A. Freedman, dkk. *Universe....* hlm. 382.

Sudut Inklinal dari Ekliptika	1° 46' 12''
Diameter	49.528 km = 3,883 diameter Bumi
Massa Jenis	$1,024 \times 10^{26} = 17,15$ massa Bumi
Gravitasi Permukaan (Bumi = 1)	1.1
Rata-rata Suhu Permukaan	-218°C
Atmosfer	79% H ₂ , 18% He, 3% CH ₄ .

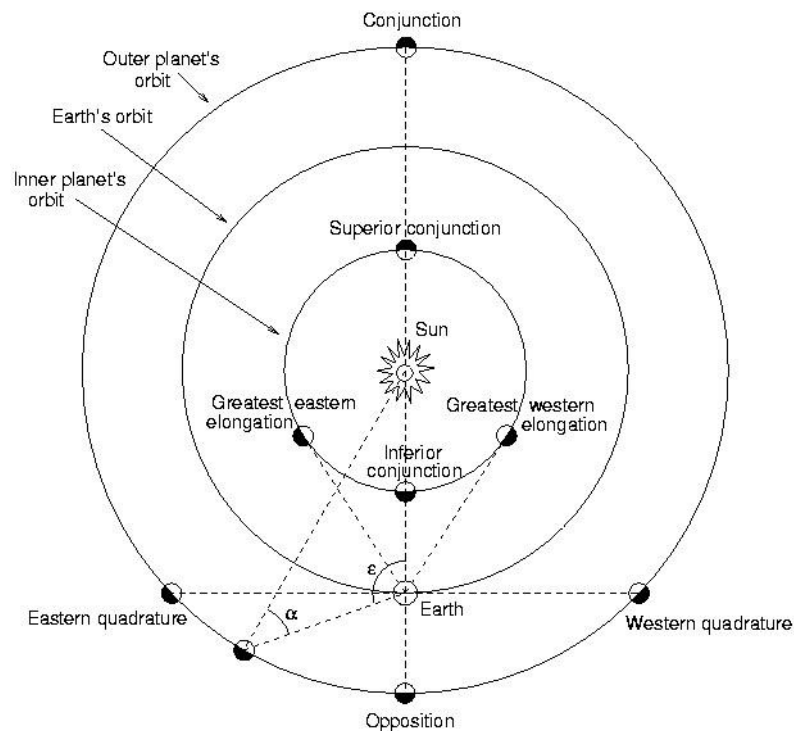
Neptunus tidak pernah dapat diamati dengan menggunakan mata telanjang, kita harus menggunakan teleskop untuk bisa melakukan pengamatan planet ini. Jika diamati menggunakan teleskop, planet ini akan tampak sebagai piring yang berwarna biru kehijauan, mirip seperti Uranus. Warna ini adalah akibat dari senyawa metana yang terdapat di atmosfernya. Meskipun demikian, data dari planet ini baru cukup lengkap setelah berkembangnya optika adaptif, karena teleskop biasa pun masih belum cukup memadai dalam melakukan pengamatan Neptunus.

Neptunus mencapai posisi di langit tepat seperti saat Galle menemukannya, dan ini berlangsung pada tanggal 11 April 2009, 17 Juli 2009, dan tanggal 7 Februari 2010. Hal ini bisa terjadi karena dalam pergerakannya Neptunus kadang-kadang mengalami gerak *retrograd*, persis seperti yang dialami Mars.

Planet ini mengorbit Matahari pada jarak 30 SA dari Matahari (4.500 juta km) dengan periode orbit 165 tahun. Tidak heran Neptunus sulit diamati karena jaraknya yang jauh sekali (setengah sumbu panjang

orbitnya lebih dari 1,5 kali setengah sumbu panjang orbit Uranus dari Matahari).⁹⁸

Gambar II. Orbit Planet Inferior dan Superior⁹⁹



Mars, Yupiter, Saturnus, Uranus dan Neptunus merupakan planet Superior, yakni planet yang terletak di luar orbit Bumi. Berbeda dengan planet inferior, yakni Merkurius dan Venus, planet superior memiliki pola pergerakan yang lebih bebas, secara orbital, planet ini lebih banyak memiliki kesempatan berada di atas ufuk pada malam hari dari pada planet inferior.

Dari 7 planet yang ada (selain Bumi), pengamatan dengan mata telanjang hanya dapat dilakukan terhadap 5 planet saja, yakni Merkurius, Venus, Mars, Yupiter dan Saturnus, sementara untuk Uranus dan Neptunus diperlukan alat

⁹⁸ A. Gunawan Admiranto, *Menjelajahi...* hlm. 185-186

⁹⁹http://www.redorbit.com/media/uploads/2004/10/7_9ed77167bb9b6f0379e955473d8eead32.jpg diakses pada 26 Oktober 2016 pukul 21:47 WIB

optik yang canggih untuk melihatnya, dikarenakan jarak kedua planet tersebut yang sangat jauh.

Selain pembagian planet Inferior dan Superior, planet-planet tersebut diklasifikasikan lagi menjadi planet dalam dan planet luar¹⁰⁰, juga planet Terrestrial dan planet Jovian.¹⁰¹

B. Metode Azimut Planet dan Perhitungannya.

Konsep dasar dari metode penentuan arah kiblat dengan azimut planet ini sebenarnya sama dengan metode azimut Matahari akan tetapi objek yang diamati berbeda, yakni planet dan Matahari. Kesamaan dari dua metode ini adalah sama-sama mencari nilai azimut (mencari jarak yang dihitung dari titik Utara sampai dengan lingkaran vertikal yang dilalui oleh benda langit tersebut baik itu planet atau Matahari melalui lingkaran ufuk atau Horison menurut arah perputaran jarum jam)¹⁰².

Perbedaannya adalah jika metode azimut planet membidik objeknya secara langsung dengan menggunakan mata telanjang, ataupun dengan *theodolite* sedangkan metode azimut Matahari membidik objeknya dengan menggunakan pancaran sinarnya, atau dengan menggunakan bayang-bayang yang dihasilkan, tidak secara langsung dengan menggunakan mata telanjang karena sinar ultravioletnya dapat merusak kornea mata kita.

¹⁰⁰ Planet Dalam adalah planet yang orbitnya di dalam lintasan asteroid, yaitu Merkurius, Venus, Bumi, Mars. Planet Luar adalah planet yang orbitnya di luar lintasan asteroid, yaitu Yupiter, Saturnus, Neptunus, Uranus. Lihat Hartono, *Geografi (Jelajah Bumi dan Alam Semesta)*, Bandung : Penerbit Citra Praya, 2007. hlm. 34.

¹⁰¹ Planet Terrestrial adalah planet yang ukuran dan komposisinya mirip dengan bumi atau kebumihan, yaitu Merkurius, Venus, Bumi, Mars. Planet Jovian adalah planet yang ukurannya besar, dan komposisinya sebagian besar terdiri dari es, gas dan hidrogen, yaitu Yupiter, Saturnus, Neptunus, Uranus. Lihat Lucy Ann McFadden, dkk. *Encyclopedia of The Solar System*, Canada : Academic Press. 2007. hlm 405.

¹⁰² Slamet Hambali, Ilmu... hlm. 52

Penulis juga telah melakukan wawancara kepada para ahli astronomi dan falak, pada dasarnya para pakar astronomi dan falak sangat menyetujui akan kompatibilitas posisi (azimut) planet jika dipakai sebagai acuan untuk penentuan arah kiblat, namun memang ada beberapa kelebihan dan kekurangan tersendiri.

Slamet Hambali menjelaskan, bahwa menentukan arah kiblat menggunakan azimut planet bisa, akan tetapi perlu adanya perhitungan yang lebih detail karena memang planet ini tidak setiap saat bisa terlihat berbeda dengan matahari, dan juga rotasi planet ini tidak teratur.¹⁰³

Ahmad Izzuddin mengatakan, bahwa sangat sulit sekali menentukan arah kiblat menggunakan azimut planet, selain jaraknya yang begitu jauh cahayanya pun sangat lemah, perlu adanya ketelitian yang cukup serius dalam membidik azimut planet ini.¹⁰⁴

Mutoha Arkanuddin menjelaskan, bahwa pengukuran yang dihasilkan oleh posisi (azimut) planet cukup akurat, namun memiliki kelemahan yaitu pengukuran dengan azimut planet ini tidak bisa dilakukan setiap hari.¹⁰⁵ AR Sugeng Riyadi pun menambahkan mengenai kelemahan pengukuran dengan menggunakan planet ini, yaitu karena kecerlangan cahaya yang dipantulkan

¹⁰³ Slamet Hambali adalah ahli falak sekaligus dosen falak di Uin Walisongo Semarang dan juga menjabat sebagai Ketua Lajnah Falakiyah PWNU Jawa Tengah, Wakil ketua Lajnah Falakiyah pengurus besar Nahdlatul Ulama, selain itu beliau juga menjabat sebagai wakil ketua Tim Hisab Rukyah Jawa Tengah dan juga menjadi anggota Musyawara kerja dan Hisab Rukyat Departemen Agama RI. Pada tanggal 20 desember 2016, pukul 12.30 WIB.

¹⁰⁴ Ahmad Izzuddin adalah Kiyai sekaligus Dosen Ilmu Falak di Uin walisongo Semarang dan juga pernah menjabat sebagai KASUBDIT. Pada tanggal 20 desember 2016, pukul 15.20 WIB.

¹⁰⁵ Mutoha Arkanuddin adalah direktur RHI (Rukyatul Hilal Indonesia) sekaligus ketua JAC (Jogja Astronomi Club) dan juga sebagai anggota Badan Hisab Rukyah RI. Wawancara dilaksanakan via akun facebook "Mutoha Arkanuddin", pada tanggal 28 Oktober 2016, pukul 09:21 WIB sampai dengan pukul 23:41 WIB

oleh planet tidak seberapa, belum juga jika ada beberapa gangguan seperti mendung, polusi cahaya ataupun udara.¹⁰⁶

Sementara Hendro Setyanto mengatakan bahwa pengukuran yang dihasilkan dengan acuan azimut planet ini bisa lebih baik daripada Matahari, karena cahaya atau objek yang dibidik hanya satu titik, berbeda dengan Matahari, yang hanya bisa dibidik dengan menggunakan pantulan sinarnya saja, tidak bisa dengan titik tengah Matahari.¹⁰⁷

Thomas Djamaluddin mengatakan bahwa perhitungan posisi planet yang dipakai sebagai acuan perhitungan azimut planet lebih kompleks. Perhitungan posisi Matahari hanya memperhitungkan rotasi dan revolusi Bumi, sementara perhitungan posisi planet yang perlu diperhitungkan lebih kompleks, yakni revolusi planet tersebut, rotasi Bumi dan juga revolusi Bumi, juga pergerakan planet yang tidak sesuai dengan kebiasaan (*retrogad*).¹⁰⁸ Cecep Nurwendaya sepakat dengan pendapat Thomas Djamaluddin dan Hendro Setyanto, perhitungan posisinya memang rumit, tetapi bisa menghasilkan pengukuran yang lebih baik daripada pengukuran dengan menggunakan Matahari, beliau juga menambahkan bahwa hasilnya akan semakin akurat jika pengukuran

¹⁰⁶ AR Sugeng Riyadi adalah seorang pemerhari falak asal solo, beliau merupakan ahli astrofisika dan juga merupakan salah satu pendiri CASA (Club Astonomi Assalam) Solo. Wawancara dilaksanakan via akun facebook “Pakar Fisika”, pada tanggal 28 Oktober 2016, pukul 08:09 WIB sampai dengan pukul 16:02 WIB.

¹⁰⁷ Hendro Setyanto adalah seorang ahli falak, yang mempunyai background astronomi murni, beliau sempat bekerja di Observatorium Boscha, dan sat ini beliau aktif di lembaga yang didirikannya, yaitu Imah Noong. Beliau juga adalah penemu Mizwala, sebuah alat untuk mengukur arah kiblat dengan bayang-bayang Matahari. Wawancara dilakukan via akun facebook “Hendro Setyanto”, pada tanggal 28 Oktober 2016, pukul 08:48 WIB sampai dengan 16:59 WIB

¹⁰⁸ Thomas Djamaluddin adalah peneliti utama LAPAN (Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional) dan sekaligus sebagai anggota Badan Hisab Rukyah RI. Wawancara dilakukan via akun facebook “Thomas Djamaluddin”, pada tanggal 28 Oktober 2016, pukul 10:17 WIB sampai dengan 16:54 WIB.

dilakukan ketika posisi planet jauh dari zenit atau dekat dengan ufuk. Dan khusus untuk planet Uranus dan Neptunus tidak bisa dilihat dengan teleskop konvensional, termasuk di dalamnya adalah *theodolite*, apalagi jika dilihat dengan mata telanjang, maka sangat mustahil.¹⁰⁹

Metode azimut planet ini memerlukan data *ephemeris* pergerakan Matahari dan planet sebagai acuan dasar perhitungan. Untuk penelitian kali ini penulis memakai data *ephemeris* dari aplikasi Falakiyah Pesantren karya KH. Ghazali Muhammad Fathullah dari Madura.

Data-data yang diperlukan sebagai berikut :

a. Lintang Tempat

Lintang Tempat/Markas (*'Ardl al-Balad/Latitude*) atau dalam logat Arab lain disebut *'Urdl al-Balad* adalah lintang tempat atau lintang geografi yaitu jarak sepanjang meridian Bumi yang diukur dari ekuator Bumi (Khatulistiwa) sampai pada tempat yang dimaksud. Harga lintang tempat adalah 0° sampai 90°. Lintang tempat bagi tempat-tempat yang berada di belahan Bumi utara bertanda positif (+) dan bagi tempat-tempat di belahan Bumi selatan bertanda negatif (-). Dalam perhitungan biasanya disimbolkan dengan φ (*Phi*)¹¹⁰

b. Bujur Tempat

Bujur Tempat/Markas (*Thul al-Balad/Longitude*) adalah bujur tempat yaitu jarak sudut yang diukur sejajar dengan ekuator Bumi yang

¹⁰⁹ Cecep Nurwandaya adalah Anggota BHR (Badan Hisab Rukyat) Kamentrian Agama, beliau juga merupakan aktifis ahli di Planetarium Jakarta, wawancara dilakukan via akun facebook "Cecep Nurwendaya", pada tanggal 28 Oktober 2016, pukul 09:23 WIB sampai dengan 29 Oktober 2016, pukul 15:11 WIB

¹¹⁰ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, cet-I, Yogyakarta : Buana Pustaka. 2005, hlm. 4.

dihitung dari garis bujur yang melewati kota Greenwich sampai garis bujur yang melewati suatu tempat yang dimaksud. Dalam perhitungan biasanya dilambangkan dengan λ (*lamda*). Harga *Thul al-Balad* adalah 0° sampai 180° . Bagi tempat-tempat yang berada di sebelah Barat Greenwich disebut Bujur Barat dan bagi tempat-tempat yang berada di sebelah Timur Greenwich disebut Bujur Timur¹¹¹

c. Waktu Bidik (WB)

Waktu bidik adalah waktu di mana saat kita membidik objek benda langit (planet) dengan catatan waktu setempat yaitu WIB, WITA, dan WITA.

d. *Equation Of Time* (Perata Waktu)

Equation of time adalah selisih antara waktu kulminasi Matahari hakiki dengan waktu Matahari rata-rata. Data ini biasanya dinyatakan dengan huruf "e".¹¹² selisih waktu antara Matahari mencapai titik kulminasi atas sampai dengan kedudukan Matahari pada pukul 12.00 (waktu rata-rata) disebut perata waktu. Perata waktu positif (+) kalau saat pukul 12.00 Matahari sudah melewati titik kulminasi atas, dan negatif (-) kalau saat pukul 12.00 Matahari belum melewati titik kulminasi atas.¹¹³

¹¹¹ Muhyiddin Khazin, *Kamus...*, hlm. 84

¹¹² Susiknan Azhari, *Ensiklopedi...* hlm. 62.

¹¹³ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1 (Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia)*, Semarang : t.p. 1998, hlm. 92

e. *Apparent Right Ascension* Matahari

Apparent Right Ascension Matahari adalah jarak titik pusat Matahari dari titik Aries diukur sepanjang lingkaran ekuator. Dalam bahasa Indonesia dikenal dengan sebutan Asensio Rekta (Panjang Tegak). Data ini biasanya diperlukan antara lain dalam perhitungan ijtimak, ketinggian planet dan gerhana.¹¹⁴

f. *Apparent Right Ascension* Planet

Apparent Right Ascension Planet adalah jarak titik pusat planet yang dimaksud, dari titik Aries diukur sepanjang lingkaran ekuator. Dalam bahasa Indonesia dikenal dengan sebutan Asensio Rekta (Panjang Tegak).

g. Deklinasi Planet

Deklinasi Planet adalah busur pada lingkaran waktu yang diukur mulai dari titik perpotongan antara lingkaran waktu dengan lingkaran equator ke- arah Utara atau Selatan sampai ke titik pusat planet yang dimaksud. Deklinasi sebelah Utara ekuator dinyatakan positif dan diberi tanda (+), sedangkan deklinasi sebelah Selatan ekuator dinyatakan negatif dan diberi tanda (-). Pada saat planet persis berada pada lingkaran ekuator, maka deklinasinya sebesar 0 derajat.¹¹⁵

Proses perhitungan metode azimuth planet dengan menggunakan data Falakiyah Pesantren ditempuh dengan langkah-langkah sebagai berikut:

¹¹⁴ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi...* hlm. 33.

¹¹⁵ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi...* hlm. 53-54

1. Menyiapkan data *Ephemeris* Matahari dan planet pada saat tanggal pengukuran
2. Jam (waktu) yang dijadikan acuan harus benar dan tepat. Hal ini dapat diperoleh melalui¹¹⁶:
 - a) *Global Position System* (GPS) alat ini juga berguna untuk mengetahui titik koordinat tempat kita berada.
 - b) Radio Republik Indonesia (RRI) ketika akan menyiapkan berita, ada suara tit, tit, tit. Tit terakhir menunjukkan pukul 06.00 WIB (tepat) untuk berita pukul 06.00 WIB dsb.
 - c) Telepon rumah (telepon biasa) bunyi gong terakhir pada nomor telepon 103.
3. Menentukan Azimut Kiblat dengan cara :
 - a) Menentukan SBMD dengan rumus :
 - Jika BT = Bujur Timur (positif), dan $BT > BM$, maka SBMD = $[BT - BM]$ (Barat)
 - Jika BT = Bujur Timur (positif), dan $BT < BM$, maka SBMD = $[BM - BT]$ (Timur)
 - Jika BT = Bujur Barat (negatif) dan $BT > -140^{\circ} 10' 25,67''$, maka SBMD = $[BT - BM]$ (Timur)
 - Jika BT = Bujur Barat (negatif) dan $BT < -140^{\circ} 10' 25,67''$, maka SBMD = $360 - BM - BT$ (Barat).

¹¹⁶ Slamet Hambali, *Ilmu...* hlm.208

Keterangan :

SBMD = Selisih Bujur Makkah Daerah

BM = Bujur Makkah/Kakbah

BT = Bujur Tempat

b) Menentukan Arah Kiblat dengan rumus

$$\text{Cotan AQ} = \frac{\text{Tan LM} \times \text{Cos LT}}{\text{Sin SBMD} - \text{Sin LT}} \times \text{Tan SBMD}$$

Keterangan :

AQ = Arah Kiblat

LM = Lintang Makkah/Kakbah

LT = Lintang Tempat

SBMD = Selisih Bujur Makkah Daerah

c) Menghitung Azimut Kiblat

- Jika hasil AQ = positif dan hasil SBMD Barat maka UB (Utara-Barat), azimut kiblat = $360 - \text{AQ}$
- Jika hasil AQ = positif dan hasil SBMD Timur maka UT (Utara-Timur), azimut kiblat = AQ
- Jika hasil AQ = negatif dan hasil SBMD Barat maka SB (Selatan-Barat), azimut kiblat = $180 - \text{AQ}$
- Jika hasil AQ = negatif dan hasil SBMD Timur maka ST (Selatan-Timur), azimut kiblat = $180 + \text{AQ}$

4. Menghitung Jarak Zenit dan Azimut Planet

- a) Menentukan sudut waktu Matahari dengan menggunakan rumus¹¹⁷:

$$t_0 = WB + e - (BWD - BT) / 15 - 12 = x 15$$

Keterangan :

t_0 = Sudut waktu Matahari

WB = Waktu bidik, yaitu WIB, WITA, WIT.

e = *Equation of time*

BWD = Bujur waktu daerah, WIB = 105°, WITA = 120°, WIT = 135°

BT = Bujur tempat

- b) Menghitung sudut waktu planet dengan menggunakan rumus¹¹⁸:

$$t_p = AR_o - AR_p + t_0$$

Keterangan :

t_p = Sudut waktu planet

AR_o = *Apparent right ascension* Matahari

AR_p = *Apparent right ascension* planet

t_0 = Sudut waktu Matahari

- c) Menghitung jarak zenith planet dengan menggunakan rumus¹¹⁹:

$$\cos ZM_p = \sin LT \times \sin \delta_p + \cos LT \times \cos \delta_p \times \cos t_p$$

Keterangan :

ZM_p = Jarak Zenit planet

LT = Lintang Tempat

¹¹⁷ Slamet Hambali, *Ilmu...* hlm.209

¹¹⁸ Muhyiddin Khazin, *Ilmu...* hlm. 157

¹¹⁹ Muhyiddin Khazin, *Ilmu...* hlm. 158

δ_p = Deklinasi planet

t_p = Sudut waktu planet

- d) Menghitung arah planet dengan menggunakan rumus¹²⁰:

$$\text{Cotan } A_p = \tan \delta_p \times \cos LT \div \sin t_p - \sin LT \div \tan t_p$$

Keterangan :

A_p = Azimut planet

δ_p = Deklinasi planet

LT = Lintang tempat

t_p = Sudut waktu planet

- e) Menghitung Azimut Planet

- Saat pengukuran deklinasi planet positif (+) dan berada di Timur (sudut waktu negatif) maka arah Utara = $360 - A_p$
- Saat pengukuran deklinasi planet positif (+) dan berada di Barat (sudut waktu positif) maka arah Utara = A_p
- Saat pengukuran deklinasi planet negatif (-) dan berada di Timur (sudut waktu negatif) maka arah Utara = $180 + A_p$
- Saat pengukuran deklinasi planet negatif (-) dan berada di Barat (sudut waktu positif) maka arah Utara = $180 - A_p$

5. Menghitung Beda Azimut, dengan rumus [azimut kiblat - azimut planet]

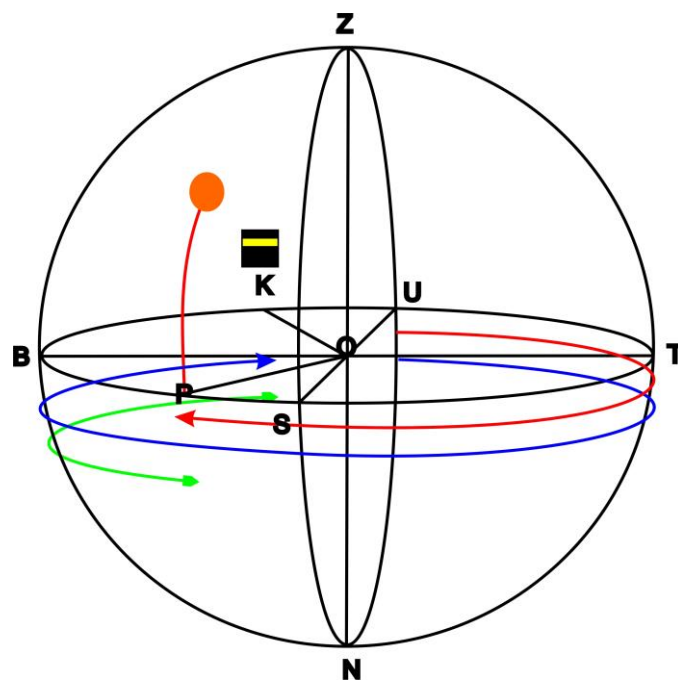
6. Pengaplikasian metode ini dengan menggunakan *theodolite*

- a) Pasang *theodolite* secara benar, yakni posisi tegak lurus. Perhatikan *waterpass*-nya dalam segala arah. Hal ini penting, sebab bilamana

¹²⁰ Selamat Hambali, *Ilmu...*, hlm. 208.

tidak tegak lurus tentu akan menghasilkan informasi atau hasil yang tidak benar.

- b) Tentukan jam pembedikan, dan hitung jarak zenit.
- c) Aplikasikan jarak zenit pada nilai vertikal *angle theodolite*.
- d) Pada saat jam pembedikan bidik planet dan pastikan *crosshair* pada *theodolite* benar-benar di tengah-tengah planet oleh mata kita.
- e) Kemudian setelah dipastikan benar-benar pas kunci *theodolite* dan pastikan tepat pada jam berapa saat waktu pembedikan dilakukan.
- f) Hidupkan *theodolite* dan pastikan dalam posisi nol
- g) Lepaskan kunci kemudian putar sesuai dengan arah beda azimuth, setelah itu kunci, maka itulah arah kiblat.



Gambar 3 : Simulasi Penentuan Arah Kiblat dengan Planet

Keterangan :

Z	= Zenith
N	= Nadhir
U/T/S/B	= Mata Angin
O-K	= Arah Kiblat
O-P	= Arah Planet
Busur U-T-S-P (garis merah)	= Azimut Planet
Busur U-T-S-B-K (garis biru)	= Azimut Kiblat
Busur P-B-K (garis hijau)	= Beda Azimut

C. Contoh Perhitungan

Contoh perhitungan Metode azimut planet Mars, pada tanggal 13 Oktober 2016 di Perumahan Wahyu Asri Semarang ($LT = - 6^{\circ} 59' 44,67''$, $BT = 110^{\circ} 20' 30,38''$) :

1. Menghitung Azimut Kiblat

a. Menghitung SBMD

$$\begin{aligned} \text{SBMD} &= \text{BT} - \text{BM} \\ &= 110^{\circ} 20' 30,38'' - 39^{\circ} 49' 34,33'' \\ &= 70^{\circ} 30' 56,05'' \end{aligned}$$

b. Menghitung Arah Kiblat

$$\text{Cotan AQ} = \frac{\text{Tan LM} \times \text{Cos LT}}{\text{Sin SBMD} - \text{Sin LT}} \div \text{Tan SBMD}$$

$$\begin{aligned}
 &= \tan 21^\circ 25' 21,04'' \times \cos -6^\circ 59' 44,67'' / \sin 70^\circ 30' \\
 &= 56,05'' - \sin -6^\circ 59' 44,67'' / \tan 70^\circ 30' 56,05'' \\
 &= 65^\circ 28' 42,97''
 \end{aligned}$$

c. Menghitung Azimut Kiblat

$$\begin{aligned}
 \text{Azimut kiblat} &= 360 - AQ \\
 &= 360 - 65^\circ 28' 42,97'' \\
 &= 294^\circ 31' 17,03''
 \end{aligned}$$

2. Menghitung Jarak Zenit dan Azimut Planet Mars

a) Waktu pembedikan planet Mars pukul 20: 40 WIB

b) Data *Ephemeris* Matahari dan planet Mars pada jam 13 dan 14 GMT adalah:

$$e_{13} = 0^\circ 13' 53'' \quad AR_p 13 = 282^\circ 04' 54,21''$$

$$e_{14} = 0^\circ 13' 54'' \quad AR_p 14 = 282^\circ 06' 48,29''$$

$$AR_o 13 = 199^\circ 02' 46,26'' \quad \delta_p 13 = -25^\circ 12' 22,85''$$

$$AR_o 14 = 199^\circ 05' 05,24'' \quad \delta_p 14 = -25^\circ 12' 12,00''$$

c) Interpolasi Data:

$$\begin{aligned}
 e &= e_1 + k \times (e_2 - e_1) \\
 &= 0^\circ 13' 53'' + 0^\circ 40' \times (0^\circ 13' 54'' - 0^\circ 13' 53'') \\
 &= 0^\circ 13' 53,67''
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 AR_o &= AR_o 1 + k \times (AR_o 2 - AR_o 1) \\
 &= 199^\circ 02' 46,26'' + 0^\circ 40' \times (199^\circ 05' 05,24'' - 199^\circ 02' \\
 &\quad 46,26'') \\
 &= 199^\circ 04' 18,91''
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 AR_p &= AR_{p1} + k \times (AR_{p2} - AR_{p1}) \\
 &= 282^\circ 04' 54,21'' + 0^\circ 40' \times (282^\circ 06' 48,29'' - 282^\circ 04' \\
 &\quad 54,21'') \\
 &= 282^\circ 06' 10,26''
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta_p &= \delta_{p1} + k \times (\delta_{p2} - \delta_{p1}) \\
 &= -25^\circ 12' 22,85'' + 0^\circ 40' \times (-25^\circ 12' 12,00'' - (-25^\circ 12' \\
 &\quad 22,85'')) \\
 &= -25^\circ 12' 15,62''
 \end{aligned}$$

d) Menghitung sudut waktu Matahari:

$$\begin{aligned}
 t_o &= WB + e - (BWD - BT) / 15 - 12 = x 15 \\
 &= (20: 40 + 0^\circ 13' 53,67'' - ((105^\circ - 110^\circ 20' 30,38'') / 15) \\
 &\quad - 12) \times 15 \\
 &= 138^\circ 48' 55,38''
 \end{aligned}$$

e) Menghitung sudut waktu planet Mars:

$$\begin{aligned}
 t_p &= AR_o - AR_p + t_o \\
 &= 199^\circ 04' 18,91'' - 282^\circ 06' 10,26'' + 138^\circ 48' 55,38'' \\
 &= 55^\circ 47' 04,03''
 \end{aligned}$$

f) Menghitung Jarak Zenit planet Mars:

$$\begin{aligned}
 \text{Cos } ZM_p &= \sin LT \times \sin \delta_p + \cos LT \times \cos \delta_p \times \cos t_p \\
 &= \sin -6^\circ 59' 44,67'' \times \sin -25^\circ 12' 15,62'' + \cos -6^\circ \\
 &\quad 59' 44,67'' \times \cos -25^\circ 12' 15,62'' \times \cos 55^\circ 47' \\
 &\quad 04,03'' \\
 &= 56^\circ 09' 41,91''
 \end{aligned}$$

g) Menghitung arah planet Mars:

$$\begin{aligned}
 \text{Cotan } A_p &= \tan \delta_p \times \cos LT \div \sin t_p - \sin LT \div \tan t_p \\
 &= \tan -25^\circ 12' 15,62'' \times \cos -6^\circ 59' 44,67'' \div \sin \\
 &\quad 55^\circ 47' 04,03'' - \sin -6^\circ 59' 44,67'' \div \tan 55^\circ 47' \\
 &\quad 04,03'' \\
 &= -64^\circ 15' 39,77'' \text{ SB (Selatan- Barat)}
 \end{aligned}$$

h) Menghitung azimuth planet Mars

$$\begin{aligned}
 \text{Azimut planet} &= 180 - AQ \\
 &= 180 - (-64^\circ 15' 39,77'') \\
 &= 244^\circ 15' 39,77''
 \end{aligned}$$

3. Menghitung Beda Azimut

$$\begin{aligned}
 \text{Beda azimuth} &= \text{azimut kiblat} - \text{azimut planet Mars} \\
 &= 294^\circ 31' 17,03'' - 244^\circ 15' 39,77'' \\
 &= 50^\circ 15' 37,26'' \text{ (Kiblat di sebelah Utara planet} \\
 &\quad \text{Mars)}.
 \end{aligned}$$