

Sejarah Astronomi

Jay Pasachoff, Magda Stavinschi, Mary Kay Hemenway

International Astronomical Union, Williams College (USA), Astronomical Institute of the Romanian Academy (Romania), University of Texas (USA)

Ringkasan

Survei singkat dari Sejarah Astronomi ini menjelaskan tentang gambaran umum asal usul astronomi dan perkembangannya di Eropa Barat hingga ke masa Isaac Newton.

Tujuan

- Memberikan gambaran terstruktur tentang sejarah astronomi di berbagai belahan dunia dengan tujuan untuk menunjukkan bahwa astronomi selalu menjadi hal menarik bagi semua orang.
- Memberikan daftar tokoh-tokoh utama yang berkontribusi dalam sejarah perkembangan astronomi hingga ke zaman Newton: Tycho Brahe, Copernicus, Kepler dan Galileo.
- Waktu yang terbatas dalam konferensi menghambat pencarian tentang perkembangan astronomi saat itu, namun penjelasan detil dapat ditemukan di bab-bab selanjutnya.

Zaman Prasejarah

Dengan langit gelap, orang-orang kuno dapat melihat bintang-bintang terbit di bagian timur langit, bergerak ke atas, dan kemudian terbenam di bagian barat. Pada satu arah, bintang-bintang bergerak dalam lingkaran kecil. Saat ini, ketika kita melihat ke utara, kita dapat melihat bintang pada posisi tersebut, yaitu Bintang Utara atau Polaris. Bintang ini bukan merupakan bintang yang sangat terang karena ada 48 bintang di langit yang lebih bersinar terang daripada Polaris. Pada masa kuno, bintang-bintang lainnya disejajarkan dengan kutub utara bumi atau terkadang tidak terdapat bintang yang berada disekitar kutub tersebut.

Karena orang-orang kuno sering memandang langit, mereka memperhatikan bahwa beberapa objek langit yang bersinar lebih terang tidak terbit dan terbenam secara bersamaan dengan bintang-bintang. Bulan tentunya, yang merupakan objek yang paling bersinar terang di langit pada malam hari. Bulan muncul hampir selama satu jam lebih akhir pada setiap

malam dan kemudian bersinar dengan latar belakang bintang-bintang yang berbeda. Bentuknya juga berubah-ubah, sehingga dinamakan fase bulan.

Namun, beberapa objek langit tersebut bergerak secara berbeda antara satu dan lainnya. Inilah yang disebut planet oleh orang-orang Yunani. Secara virtual, ketika penduduk bumi melihat objek dilangit, mereka akan memberi nama objek tersebut.

Sebagian orang-orang kuno membangun monumen seperti lingkaran tegak, diantaranya Stonehenge di Inggris, atau makam seperti di Menorca, Spanyol yang disejajarkan dengan rasi Bintang Pari pada tahun 1000 Sebelum Masehi. Jika orang-orang Babilonia sangat kompeten dalam merekam fenomena astronomi, maka orang-orang Yunani menggunakan pengetahuan tersebut untuk menjelaskan tentang fenomena langit tersebut

Bangsa Yunani

Sebagian besar bangsa Yunani Kuno, termasuk Aristoteles (384-322 SM) berpendapat bahwa sebagian bumi merupakan pusat alam semesta yang dibangun oleh empat unsur yaitu tanah, udara, api dan air. Di luar bumi adalah elemen kelima, yaitu aether atau intisari yang membentuk titik-titik cahaya dilangit.

Bagaimana pengembara Yunani bergerak bersama bintang-bintang? Sebagian besar dari mereka pergi ke arah yang sama dengan bintang-bintang bergerak, yaitu terbit dari bagian timur dan kemudian bergerak ke arah barat. Namun terkadang, mereka berhenti dan kembali ke posisi semula untuk menghormati bintang-bintang tersebut. Tindakan mereka ini disebut gerak „retrograde“ yang berlawanan dengan „prograde“ atau bergerak maju.

Para astronomer Yunani seperti Claudius Ptolemy (sekitar abad ke 90 - 168) bekerja di Alexandria di Afrika Utara pada abad ke 2 Masehi. Ptolemy berkeinginan agar dapat memprediksi posisi planet-planet dan mengemukakan suatu solusi matematika. Dengan mengikuti konsep Aristoteles, Ptolemy menempatkan bumi sebagai pusat alam semesta. Bulan dan planet lainnya bergerak mengelilingi bumi secara lingkaran bersarang yang akan semakin besar jaraknya ke bumi. Bagaimana jika planet-planet benar-benar bergerak dalam orbit kecil yang pusatnya pada orbit besar? Maka beberapa gerakan pada orbit kecil, planet-planet tersebut akan bergerak lebih cepat dan berlawanan dengan pusat orbit yang bergerak maju. Sehingga bagi manusia di bumi, planet-planet tersebut terlihat bergerak berlawanan.

Orbit-orbit kecil tersebut dinamakan “epicycle” dan orbit besar disebut “deferent”. Idea Ptolemy tentang orbit kecil yang bergerak dalam lingkaran ini mempengaruhi ilmu barat yang telah berlangsung selama ribuan tahun. Melakukan observasi dan hitungan matematika secara teori merupakan langkah yang penting dan unik dalam perkembangan ilmu barat.

Walaupun mereka tidak mempunyai nama yang sama dalam penamaan objek yang diobservasi, secara virtual setiap peradaban di bumi mengamati langit. Mereka menggunakan informasi tersebut untuk menentukan kalender dan memprediksi periode berbagai musim untuk bercocok tanam, panen, atau berburu dan juga untuk upacara agama. Seperti halnya masyarakat Yunani, orang-orang kuno lainnya mengembangkan konsep matematika yang rumit untuk memprediksi gerakan planet-planet atau elips, namun hal ini tidak mengartikan bahwa mereka menamakannya teori ilmiah. Berikut beberapa contohnya:

Afrika

Di Afrika, terdapat batu-batu berdiri di Nabta, daerah Gurun Nubian memulai masa prasejarah zaman batu selama 1000 tahun. Orang-orang Mesir menggunakan astronomi untuk mensejajarkan piramida serta mengembangkan kepercayaan spiritual mereka terhadap bintang. Petroglif pada Namoratunga di Kenya juga menjelaskan aspek berternak modern pada zaman tersebut. Kepercayaan terhadap bintang-bintang berasal dari seluruh bagian Afrika, mulai dari daerah Dogon di Mali, hingga ke Afrika Barat, Ethiopia dan Afrika Selatan

Astronomi Islam

Pada zaman perkembangan islam, banyak perkembangan astronomi yang dilahirkan, terutama saat masa keemasan Islam (Islamic Golden Age) pada abad ke 8-15 Masehi dan sebagian besar ditulis dalam bahasa Arab. Pengetahuan astronomi tersebut dikembangkan di Timur Tengah, Asia Tengah, Andalusia, Afrika Utara dan kemudian di Asia Timur dan India. Jumlah yang signifikan tentang penamaan benda langit dan istilah astronomi diambil dari nama-nama Arab penemunya, seperti

Aldebaran, Altair, alidade, azimuth, almucantar dan lainnya. Orang-orang Arab menciptakan angka-angka Arab, termasuk penggunaan angka nol. Mereka sangat tertarik dalam menemukan posisi dan waktu pada hari yang berguna untuk memudahkan mereka dalam melaksanakan shalat. Mereka juga menemukan banyak penemuan baru dalam bidang optik. Banyak terobosan yang berbahasa latin diterjemahkan ke bahasa Arab untuk keturunan mereka.

Observasi sistematis pertama dalam Islam diketahui dilakukan pada masa kepemimpinan Al Maamun (786-833 Masehi). Pada masa ini, di beberapa observatorium privat mulai dari Damaskus hingga ke Baghdad, sudut garis bujur diukur, parameter surya didirikan dan pengamatan rinci tentang matahari, bulan dan planet pun dilakukan.

Instrumentasi yang digunakan pada masa astronomi Islam diantaranya bola langit dan armillary, astrolab, jam matahari dan kuadran. Gambar 1 menunjukkan astrolab yang digunakan oleh astronomer Islam.



Gambar 1. Astrolab Arab

Bangsa Amerika

Amerika Utara

Bangsa asli Amerika Utara juga menamakan konstelasi mereka dan menceritakan cerita tentang langit secara turun temurun kepada penerusnya. Beberapa artefak seperti roda batu atau perataan bangunan merupakan bukti penggunaan astronomi dalam kehidupan sehari-hari.

Astronomi Suku Maya

Bangsa Maya merupakan peradaban meso-Amerika yang tercatat sebagai satu-satunya bangsa yang mengembangkan bahasa tulisan secara keseluruhan pada zaman pra-Kolumbia di Amerika, sebagaimana juga seni, arsitektur, sistem matematika dan astronominya. Didirikan selama masa pra-Klasik (sekitar 2000 tahun SM - 250 SM), kota-kota bangsa Maya telah mencapai titik tertinggi perkembangannya selama masa Klasik (sekitar 250 - 900 SM) dan berlangsung hingga masa post-Klasik hingga datangnya bangsa Spanyol. Bangsa Maya tidak pernah menghilang, baik sejak berakhirnya zaman klasik maupun datangnya penakluk Spanyol dan periode penjajahan Spanyol di Amerika

Astronomi bangsa Maya merupakan satu dari ilmu astronomi kuno yang terkenal didunia, terutama tentang kalendernya yang terkenal, yang salah diinterpretasi sebagai prediksi berakhirnya dunia. Maya juga merupakan satu-satunya peradaban pre-teleskopik yang mendemonstrasikan pengetahuan tentang Nebula Orion yang bersifat kabur, seperti bukan titik pin bintang-bintang.

Bangsa Maya sangat tertarik dengan jalur zenit, waktu ketika matahari bergerak tepat dibawah kepala. Garis lintang letak sebagian besar kota-kotanya berada dibawah rasi bintang Cancer, dimana jalur zenit ini akan terjadi sebanyak dua kali setahun yang berjarak sama dari titik balik matahari. Untuk merepresentasikan posisi ini tepat berada dibawah kepala, Bangsa Maya memiliki Dewa yang dinamakan „Diving God“



Gambar 2. Chichén Itzá (Meksiko) sebagai salah satu situs arkeologi penting bagi perkembangan astronomi Suku Maya

Venus merupakan objek astronomi paling penting bagi bangsa Maya, bahkan lebih penting dibanding matahari. Kalender Maya merupakan sistem kalender dan almanak yang digunakan pada zaman peradaban Maya saat pra-Kolumbia Meso-Amerika dan beberapa komunitas bangsa Maya modern di bukit-bukit di Guatemala dan Oaxaca, Meksiko.

Walaupun kalender Meso-Amerika tidak berasal dari Bangsa Maya, pengembangan dan perbaikannya merupakan yang paling canggih. Seiring dengan kalender bangsa Aztec, kalender Maya merupakan kalender yang terdokumentasi paling baik dan dapat mengerti secara utuh.

Astronomi Suku Aztec

Bangsa Aztec merupakan grup etnis tertentu di Meksiko Tengah, khususnya orang-orang yang

berbahasa Nahuatl dan mendominasi sebagian besar Mesoamerika pada abad ke-14, 15, dan 16 Masehi, periode pada masa akhir zaman post-klasik dalam kronologi masa Mesoamerika.

Budaya dan sejarah Bangsa Aztec awalnya diketahui melalui bukti peninggalan arkeologi yang ditemukan pada saat penggalian seperti Templo Mayor di ibukota Meksiko dan lainnya, dari kodeks kertas kulit asli, dari laporan saksi mata oleh penjajah Spanyol atau deskripsi abad ke-16 dan 17 tentang budaya dan sejarah Aztec yang ditulis oleh pendeta Spanyol dan penjelasan tentang Aztec dalam bahasa Spanyol atau bahasa Nahuatl.

Kalender Aztec atau batu matahari merupakan monolit paling awal yang tersisa dari budaya pra-Hispanik di Amerika Tengah dan Selatan yang diyakini diukir sekitar tahun 1479. Kalendernya merupakan monolit melingkar dengan empat lingkaran konsentris. Pada bagian tengah terdapat wajah Tonatiuh (Dewa Matahari) yang dihiasi dengan batu giok dan memegang pisau dengan mulutnya. Empat matahari atau dunia sebelumnya direpresentasi oleh figur berbentuk persegi yang mengapit Matahari Kelima ditengahnya. Bagian lingkaran terluar terdiri atas 20 area yang mewakili hari dalam sistem 18 bulan kalender Aztec. Untuk melengkapai 365 hari dalam sistem kalender matahari, Bangsa Aztec memasukkan 5 hari pengorbanan atau Nemontemi.

Sama halnya dengan sebagian besar bangsa kuno, bangsa Aztec berkelompok berdasarkan konstelasi yaitu, Mamalhuaztli (Sabuk Orion), Tianquiztli (Pleiades), Citlaltlactli (Gemini), Citlalcolotl (Scorpio) dan Xonecuilli (Biduk). Komet dinamakan „bintang yang berasap“.

Periode terbaik dalam kosmologi Aztec ditentukan oleh era matahari yang berbeda yang berakhirnya ditentukan oleh bencana besar seperti kerusakan oleh jaguar, angin topan, kebakaran, banjir atau gempa bumi.

Astronomi Suku

Peradaban suku Inca merupakan suatu peradaban grup Andean pra-Kolumbia yang dimulai sejak abad ke-13 di lembah Cuzco, Peru dan saat ini berkembang disepanjang Samudra Pasifik dan Andes, meliputi bagian barat dari benua Amerika Selatan. Pada masa puncaknya, peradaban ini berkembang dari Kolumbia ke Argentina dan Chile, melewati Equador, Peru dan Bolivia.

Bangsa Inca menganggap rajanya “Sapa Inca” sebagai “anak matahari”. Anggotanya mengidentifikasi Anggotanya mengidentifikasi berbagai area gelap atau nebula gelap di galaksi Bima Sakti sebagai binatang, dan menghubungkan wujudnya dengan hujan musiman.

Bangsa Inca menggunakan kalender matahari untuk bercocok tanam dan kalender

bulan untuk liburan keagamaan. Berdasarkan pengakuan para penakluk Spanyol, dibagian pinggiran kota Cuzco terdapat suatu papan jadwal publik yang terdiri atas 12 kolom dengan tinggi 5 meter dan dapat diamati dari kejauhan. Papan jadwal publik ini digunakan untuk menentukan tanggal. Suku Inca tersebut merayakan dua pesta utama, yaitu Inti Raymi (titik balik matahari musim panas) dan Capac Raymi (titik balik matahari musim dingin).

Bangsa Inca juga memiliki konstelasi khusus, diantaranya Yutu (ayam hutan) yang merupakan area gelap pada galaksi Bima Sakti yang dikenal dengan istilah „Coal Sack“. Mereka menamakan kluster Pleiades sebagai Qollqa. Dengan melihat bintang-bintang pada konstelasi Lira, bangsa Inca menggambarkan satu dari hewan yang paling terkenal bagi mereka dan menamakannya „Little Silver Llama“ atau Llama yang berwarna yang memiliki bintang paling bersinar (Vega) adalah Urkuchillay, walaupun menurut pihak lain, nama tersebut merupakan konstelasi secara keseluruhan. Selain itu juga terdapat Machacuay (ular), Hamp'atu (katak), Atoq (rubah), Kuntur dan lainnya.

Kota-kota utama dibangun menurut deret astronomi dan menggunakan titik mata angin. Di daerah perbatasan kota Cuzco terdapat suatu kuil penting yang didedikasikan untuk matahari (Inti), yang dari kuil ini ditarik beberapa garis dalam bentuk radial yang membagi lembahnya menjadi 328 kuil. Walaupun jumlah kuil tersebut masih menjadi misteri, namun satu hal yang dapat menjelaskan hubungannya dengan astronomi adalah hitungannya yang tepat dengan jumlah hari yang terdapat dalam duabelas bulan dalam kalender bulan. Sementara 37 hari yang hilang dalam 365 hari dalam kalender matahari bertepatan dengan hari-hari ketika kluster Pleiades tidak dapat diobservasi dari kota Cuzco.

India

Referensi tertulis paling awal yang diberikan dalam literatur keagamaan India (milennium ke-2 Sebelum Masehi) menjadi tradisi yang dilakukan oleh bangsa India di zaman millennium ke-1 disaat cabang-cabang ilmu pengetahuan baru mulai dikenalkan.

Selama beberapa abad kemudian, sekelompok astronom India mempelajari berbagai aspek ilmu astronomi dan wacana global dengan berbagai budaya lainnya. Gnome dan bola armilari merupakan instrument yang umum digunakan.

Kalender hindy yang digunakan pada masa kuno telah mengalami berbagai perubahan dalam proses regionalisasi dan saat ini terdapat beberapa kalender regional India, termasuk kalender nasional India. Dalam kalender hindu, hari berawal dengan adanya matahari terbit secara lokal. Kalender ini dibagi menjadi lima „sifat“ yang dinamakan dengan „Angas“.

Ekliptika yang dimiliki dibagi menjadi 27 nakshatra yang dinamakan rumah bulan atau asterisme. Nakshatra ini merepresentasikan siklus bulan terhadap bintang-bintang yang letaknya tetap, 27 hari dan 72 jam, dan sebagian yang menjadi bagian dari nakshatra ke-28. Perhitungan nakshatra muncul pada periode Rig Veda (dari zaman Milenium ke-2 hingga ke-1 Sebelum Masehi).

Cina

Bangsa Cina dikenal sebagai pengamat yang paling gigih dan akurat dalam mengamati fenomena astronomi di dunia sebelum bangsa Arab. Rekaman lengkap tentang observasi astronomi dimulai sejak masa Warring Sates (abad ke-4 SM) dan terus dikembangkan dari zaman Han ke periode kekuasaan selanjutnya.

Beberapa elemen dalam astronomi India menjangkau Cina dengan ekspansi penganut agama Budha selama masa dinasti Han yang terakhir (abad ke 25-220 M), namun sebagian besar penyatuan astronomi India yang sangat detil dilakukan pada masa dinasti Tang (618-907 M).

Astronomi ini diperbaharui dengan adanya stimulus dari kosmologi barat dan teknologi setelah bangsa Katolik Roma memulai misi mereka. Teleskop mulai dikenalkan di abad ke-17 M. Peralatan dan inovasi yang digunakan dalam astronomi Cina diantaranya bola armillary, bola selestial, bola armillary berkekuatan air dan menara globe astronomi.

Astronomi Cina lebih fokus pada observasi dibanding teori. Menurut penuturan Jesuits yang datang ke Beijing pada abad ke-17 M, bangsa Cina telah memiliki data sejak tahun 4000 SM, termasuk tentang ledakan supernova, gerhana dan penampakan komet.

Pada tahun 2300 SM, mereka mengembangkan kalender matahari yang pertama kali dikenal, dan pada tahun 2100 SM, mereka merekam fenomena terjadinya gerhana matahari. Selanjutnya pada tahun 1200 SM, mereka menggambarkan titik matahari, yang dikenal dengan nama bintik gelap matahari. Pada tahun 532 SM, mereka merekam munculnya bintang supernova di konstelasi Aquilla, dan pada tahun 240 dan 164 SM mereka menemukan jalur komet Halley. Kemudian pada tahun 100 SM, bangsa Cina menciptakan kompas yang mereka tandai dengan arah utara.

Pada masa selanjutnya, mereka menentukan presisi ekuinoks sebagai 1 derajat dalam setiap 50 tahun, merekam lebih banyak supernova dan juga menemukan ekor komet yang selalu berada berlawanan arah menjauh dari posisi matahari.

Pada tahun 1006 M, mereka mencatat munculnya supernova yang sangat terang yang dapat dilihat selama siang hari. Supernova ini dilaporkan merupakan supernova paling terang. Dan pada tahun 1054 M, mereka mengobservasi supernova, sisanya yang kemudian dikenal dengan nama "Crab Nebula".

Bola selestial bangsa Cina berbeda dengan yang dimiliki oleh bangsa Barat. Ekuator selestial mereka dibagi menjadi 28 bagian yang dinamakan “rumah” dan terdapat 284 konstelasi dengan nama seperti Dipper, Three Steps, Supreme Palace, Tripod, Spear atau Harpoon. Kemudian Tahun Baru Cina dimulai pada hari di bulan pertama setelah matahari memasuki konstelasi Aquarius.

Seorang ilmuwan Cina yang bernama Shen Kuo (1031-1095 M) tidak hanya satu-satunya ilmuwan dalam sejarah yang menggambarkan kompas jarum magnetic tetapi juga menciptakan pengukuran yang lebih akurat tentang jarak antara kutub bintang dengan bagian utara yang sebenarnya yang dapat digunakan untuk navigasi. Kemudian Shen Kuo dan ilmuwan lainnya yang bernama Wei Pu mendirikan suatu proyek observasi astronomi di malam hari selama 5 tahun berturut-turut yang kemudian proyek intensif ini menjadi saingan dengan proyek yang dikerjakan oleh Tycho Brahe di Eropa. Mereka juga menggambarkan koordinat planet yang sebenarnya dalam suatu peta bintang dan juga menciptakan teori tentang pergerakan planet termasuk gerak retrograde.

Eropa Barat

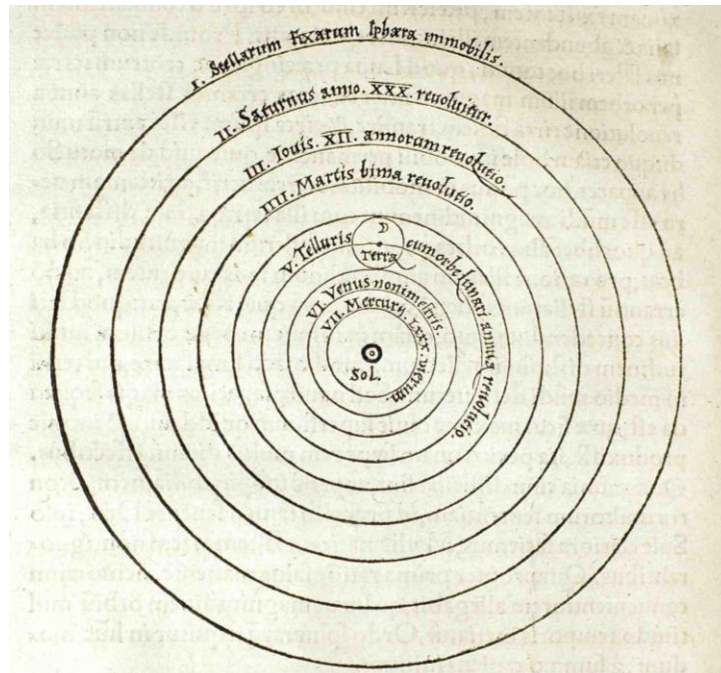
Seiring dengan jatuhnya Roma, ilmu pengetahuan yang diikuti oleh bangsa Yunani hampir tidak sebaruk melalui aktifitas yang dilakukan oleh para biksu yang menyalin naskah-naskah yang tidak memiliki arti bagi mereka. Akhirnya, dengan munculnya sekolah Katedral dan universitas pertama, para ilmuwan mulai menyelesaikan teka teki yang ditemukan dalam ilmu sains. Melalui perdagangan dan pembajakan, manuskrip-manuskrip baru dari Timur dibawa melalui perang salib dan hubungan dengan ilmuwan Islam (khususnya di Spanyol) yang diterjemahkan kedalam bahasa Latin. Beberapa ilmuwan mencoba untuk menggali informasi yang sesuai dengan cara pandang pemahaman Kristen yang mereka miliki.

Seorang Jenius Bidang Matematika: Nicholas Copernicus dari Polandia

Pada awal tahun 1500 M, Nicholas Copernicus (1473-1543 M) menyimpulkan bahwa alam semesta akan menjadi lebih simpel jika matahari dijadikan sebagai pusatnya, dibanding dengan bumi. Kemudian gerak retrograde dari planet-planet yang ada akan terjadi jika semua planet benar-benar mengelilingi matahari dengan gerak melingkar. Gerak retrograde akan menjadi ilusi optik yang dihasilkan oleh suatu planet jika planet tersebut bergerak melewati planet lain. Sama halnya dengan kamu melihat suatu mobil disisi kanan ketika sama-sama berhenti di lampu lalu lintas, jika kamu mulai melaju terlebih dahulu, maka kamu akan berfikir jika mobil yang berhenti tersebut seakan-akan bergerak berlawanan.

Copernicus mengemukakan idenya dengan beberapa matematikawan, namun tidak mempublikasikannya hingga seorang ilmuwan muda bernama Georg Reticus meyakinkannya dan mengurus publikasinya di kota lain. Tulisannya yang telah dicetak dengan judul *De Revolutionibus Orbium Celestium* tiba disaat Copernicus sekarat di tahun 1543. Sehingga dia tidak berkesempatan melihat kata pengantar yang ditulis oleh penerbit dan belum ditanda tangan yang menyatakan bahwa buku tersebut merupakan cara matematika untuk menghitung posisi adalah cara yang salah. Dengan mengikuti konsep Aristoteles, Copernicus menggunakan lingkaran dan menambahkan beberapa lingkaran kecil. Bukunya juga mengikuti struktur buku Ptolemy namun cara matematika yang sederhana dipengaruhi oleh Pythagorus.

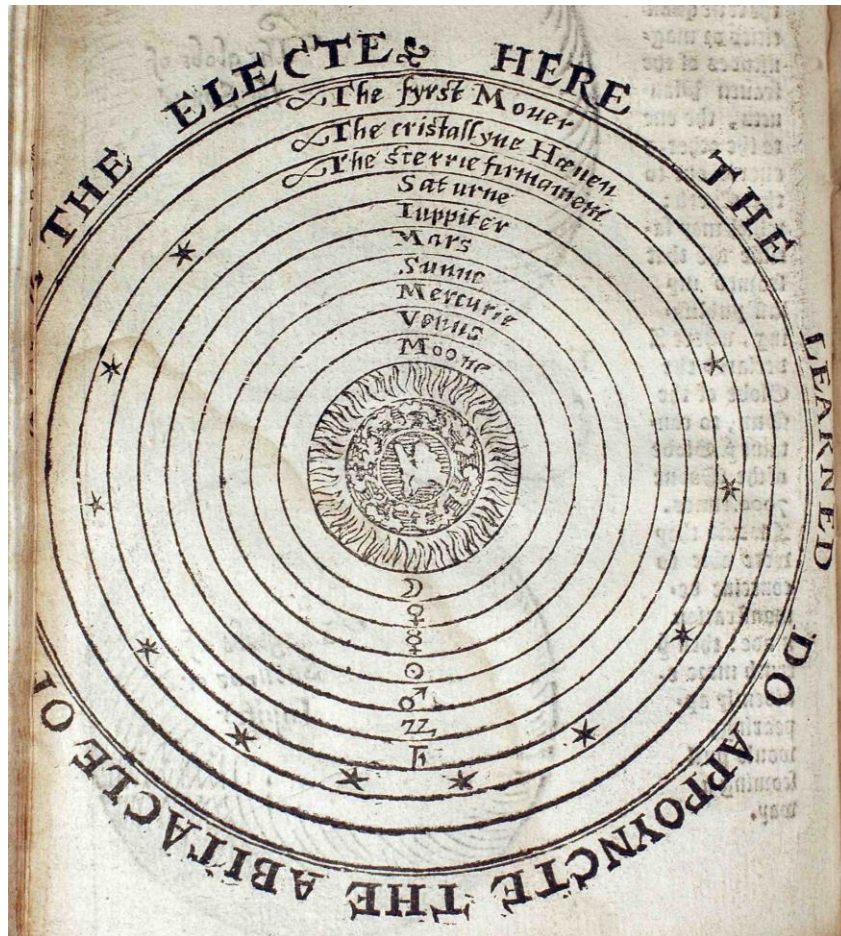
Buku Copernicus terdapat (Gambar 3) diagram yang paling terkenal dalam sejarah ilmu pengetahuan. Diagram ini menggambarkan matahari terletak ditengah-tengah suatu deret lingkaran. Copernicus menghitung kecepatan suatu planet bergerak mengelilingi matahari sejak dia mengetahui planet tertentu yang merupakan planet tercepat di angkasa. Sehingga, Copernicus mengemukakan deret planet dalam posisi yang benar, yaitu Merkuri, Venus, Bumi, Mars, Jupiter, Saturnus, dan dia juga mendapatkan jarak relatif dari planet-planet dengan benar. Namun, perhitungannya tidak benar-benak memprediksi posisi planet seperti yang dilakukan dengan metode Ptolemy.



Gambar 3. Diagram Copernicus yang pertama kali menunjukkan bahwa matahari sebagai pusat sistem yang dikenal dengan tata surya. Diagram ini merupakan edisi pertama dalam buku *De Revolutionibus Orbium Celestium* (Revolusi Orbit Selestial) yang dipublikasikan pada tahun 1543.

Di Inggris, Leonard Digges menulis sebuah buku dalam bahasa Inggris tentang bumi dan alam semesta. Pada tahun 1576, anak lelakinya yang bernama Thomas menulis suatu lampiran yang mendeskripsikan ide baru Copernicus. Pada lampiran ini, diagram Copernicus muncul dalam versi bahasa Inggris untuk pertama kalinya (Gambar 4).

Digges juga menggambarkan bahwa terdapat bintang-bintang dalam berbagai jarak dari sistem tata surya yang tidak hanya terjadi dalam satu kawasan selestial.



Gambar 4. Diagram Copernicus pertama dalam bahasa Inggris yang ditulis pada lampiran buku Thomas Digges. Ramalan yang bertahan lama yang terdapat dalam buku ayahnya, diterbitkan pada tahun 1556. Pada buku tersebut hanya terdapat diagram Ptolemy. Namun, lampiran buku Thomas Digges ini muncul pertama kali di tahun 1576 dan dicetak pada tahun 1596.

Seorang pengamat jenius: Tycho Brahe dari Denmark

Seorang aristokrat Denmark bernama Tycho Brahe (1546 - 1601) menguasai suatu pulau di pesisir pantai Kopenhagen dan menerima hasil sewa dari penduduk yang tinggal disana. Di

pulau yang bernama Hven, Tycho menggunakan kekayaannya untuk membangun observatorium besar dengan instrumen yang lebih besar dan lebih baik. Walaupun alat-alat ini merupakan instrumen pra-teleskop, alat-alat ini merupakan instrumen penting yang dapat mengukur lebih akurat posisi bintang dan planet dibanding instrumen-instrumen sebelumnya.

Tycho membuat rumahnya sebagai pelopor universitas saat ini dengan mendatangkan para ilmuwan yang akan bekerja sama dengannya. Dia kemudian menciptakan alat observasi yang jauh lebih baik untuk mengukur posisi bintang dan planet dan menyimpan rekaman akuratnya.

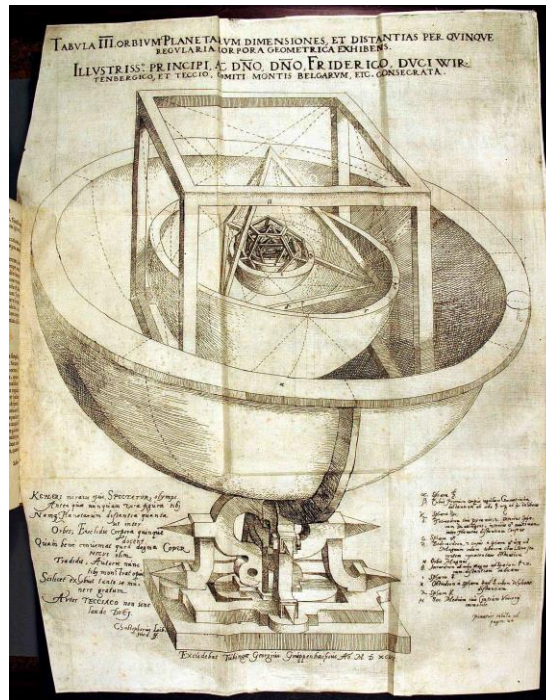
Namun dalam semangat ilmu sainsnya, Tycho mengabaikan tugasnya terhadap kerajaan dan ketika raja dan ratu terbaru dipilih, Tycho dipaksa untuk keluar dari daerah tersebut. Dia akhirnya pindah ke Praha di benua Eropa dengan membawa berbagai cetakan penemuannya, rekamannya dan juga peralatan yang dapat dibawa-bawa.

Tycho berhasil meningkatkan akurasi dalam observasi ilmiah. Observasi akuratnya dalam mengukur komet pada berbagai jarak menunjukkannya bahwa area-area di alam semesta tidak harus bersarang dengan bumi sebagai pusatnya. Sehingga, dia membuat model alam semesta yaitu model hibrid gabungan Ptolemy dan Copernicus, matahari dan bulan bergerak mengelilingi bumi sementara planet-planet lain bergerak mengelilingi matahari. Model yang dimiliki Tycho masih memiliki lingkaran, namun tidak seperti Aristoteles yang menggambarkan lingkaran-lingkaran tersebut boleh melintasi lingkaran lainnya.

Penemuan Tycho patut diapresiasi khususnya tentang observasi berkualitas tinggi terhadap posisi bintang-bintang di planet Mars. Tycho juga mengundang seorang matematikawan muda bernama Johannes Kepler untuk bekerjasama dengannya. Sejak saat itu, popularitas Tycho terkenal melalui hasil karya Kepler.

Menggunakan Matematika: Johannes Kepler dari Jerman

Sebagai seorang guru di Graz, Austria, Johannes Kepler muda (1571-1630) teringat dengan ketertarikannya dengan ilmu astronomi, lintasnya komet dan gerhana bulan yang pernah diamatinya. Dia menyadari bahwa terdapat lima bentuk padat yang dibangun dengan sisi yang sama besar dan jika zat padat ini terkumpul dan terpisah oleh suatu bidang, dan juga berhubungan dengan enam planet yang telah dikenal. Bukunya yang berjudul „Mysterium Cosmographicum“ (Mystery Kosmos) yang diterbitkan tahun 1596 memuat satu dari beberapa diagram paling baik dalam sejarah ilmu pengetahuan (Gambar 5). Dalam diagram tersebut, dia mengelompokkan suatu oktahedron, ikosahedron, dodekahedron, tetrahedron dan kubus dengan delapan, duabelas, duapuluh, empat dan enam sisi untuk menunjukkan jarak planet-planet yang dikenal selanjutnya. Walaupun diagramnya sangat indah, diagram tersebut benar-benar salah



Gambar 5. Lembaran diagram Kepler pada buku *Mysterium Cosmographicum* (Misteri Kosmos) yang diterbitkan pada tahun 1596. Pemikirannya tentang susunan geometri tata surya digantikan pada dekade berikutnya dengan adanya susunan baru planet-planet menurut dua hukum gerakan planet yang telah dicetusnya, yaitu suatu sistem yang valid hingga saat ini..

Namun kemampuan matematika yang dimiliki oleh Kepler menghasilkan interviewnya dengan Tycho Brahe. Pada tahun 1600, dia menjadi satu dari beberapa asisten Tycho dan dia juga membuat perhitungan baru dengan menggunakan data yang dimiliki oleh Tycho. Ketika Tycho menghadiri suatu makan malam formal dan meminum minuman keras dalam jumlah banyak dan tidak dapat meninggalkan meja makan, hal ini menyebabkan kantong kemihnya pecah dan mengakibatkan meninggalnya Tycho secara mendadak.

Namun, Kepler tidak bisa mendapatkan data-data Tycho dalam waktu singkat. Satu sisi, data tersebut merupakan satu dari beberapa barang berharga yang dapat diwariskan kepada anak-anak Tycho (dia menikahi seorang wanita biasa dan tidak dapat mewariskan properti yang nyata). Akan tetapi, Kepler akhirnya mendapatkan akses data Tycho tentang Mars dan mencobanya agar sesuai dengan kalkulasinya. Kepler juga mengerjakan logaritma khusus untuk menghasilkan perhitungannya yang lebih akurat. Data yang didapatkan oleh Kepler dari Tycho merupakan posisi Mars di langit dengan latar belakang jutaan bintang. Dia mencoba menghitung gerakan nyata Mars yang mengelilingi matahari. Pada awalnya dia mencoba mencocokkan suatu lingkaran atau orbit berbentuk telur (elips), namun dia tidak dapat mencocokkan observasinya secara akurat. Akhirnya, dia mencoba suatu gambar geometris yang dinamakan elips, sejenis lingkaran yang ditekan di dua sisi dan hasilnya cocok. Penemuannya ini merupakan satu dari penemuan luar biasa

dalam sejarah astronomi walaupun pada awalnya Kepler menggunakannya untuk observasi Mars dan planet lainnya dalam sistem tata surya. Saat ini, penemuannya telah digunakan untuk ratusan planet yang ditemukan disekeliling bintang-bintang lainnya.

Buku Kepler yang terbit tahun 1609 berjudul *Astronomia Nova* (Astronomi Terbaru) memuat dua dari tiga hukum gerak yang dicetusnya, yaitu:

Hukum Kepler 1: Planet-planet mengelilingi matahari dalam bentuk orbit elips dengan matahari sebagai salah satu fokusnya

Hukum Kepler 2: Suatu garis yang menghubungkan suatu planet dengan matahari memiliki luas daerah yang sama dengan selang waktu yang sama juga.

Lintasan elips merupakan suatu kurva tertutup yang memiliki dua titik kunci utama yang dikenal dengan nama fokus. Untuk menggambarkan suatu elips, gambarkan dua titik diatas secarik kertas dengan masing-masing sebagai fokusnya. Kemudian tarik garis lengkung yang lebih Panjang dibanding jarak kedua titik fokus. Setelah itu garis lengkung tersebut disatukan pada titik fokus. Kurva tersebut akan menjadi satu sisi dari elips, kemudian kurva disisi lainnya dapat digambarkan dengan cara yang sama hingga membentuk lingkaran elips yang utuh. Eksperimen ini menunjukkan bahwa satu dari beberapa poin utama untuk menentukan elips adalah jumlah jarak dari suatu titik pada elips untuk setiap titik fokus tetap bernilai konstan. Lingkaran merupakan suatu bentuk khusus elips dimana dua titik berada pada bagian atas satu sama lain



Gambar 6. Buku Kepler *Harmonices Mundi* (Harmoni Dunia) yang diterbitkan pada tahun 1619.

Kepler tetap mencari keselarasan dalam gerakan planet-planet. Dia menghubungkan kecepatan planet dengan nada music, nada yang lebih tinggi berarti planet yang bergerak lebih cepat seperti Mercurius dan Venus. Pada tahun 1619, Kepler menerbitkan buku utamanya yang berjudul *Harmonices Mundi* (Harmoni Dunia). Dalam buku tersebut (Gambar 6), dia tidak hanya mencatat bagian musik dengan nada-nada namun juga bagian ini dikenal dengan Hukum ke-3 Kepler tentang gerakan planet

Hukum ke-3 Kepler untuk Gerak Planet: Akar pangkat dua dari periode orbit planet yang mengelilingi bumi bernilai proporsional dengan ukuran orbitnya dipangkat tiga

Para astronom cenderung untuk mengukur jarak antara planet dalam ukuran Astronomical Unit yang sesuai dengan jarak rata-rata antara bumi dan matahari, atau sekitar 150 juta kilometer.

Merkurius	0.387 AU	0.240 tahun
Venus	0.723 AU	0.615 tahun
Bumi	1 AU	1 tahun
Mars	1.523 AU	1.881 tahun
Jupiter	5.203 AU	11.857 tahun
Saturnus	9.537 AU	29.424 tahun

Tabel 1: Jarak antara matahari dengan periode planet dalam waktu Kepler.

Jika kolom pertama dikuadratkan dan kolom kedua di pangkat tiga, nilainya akan cenderung hampir sama. Perbedaan yang ada didapat dari perkiraan, bukan dari nilai nyata, walaupun dengan adanya ukuran desimal mempengaruhi planet lainnya agar dapat terdeteksi.

Penemuan-penemuan dengan Teleskop: Galileo Galilei dari Italia

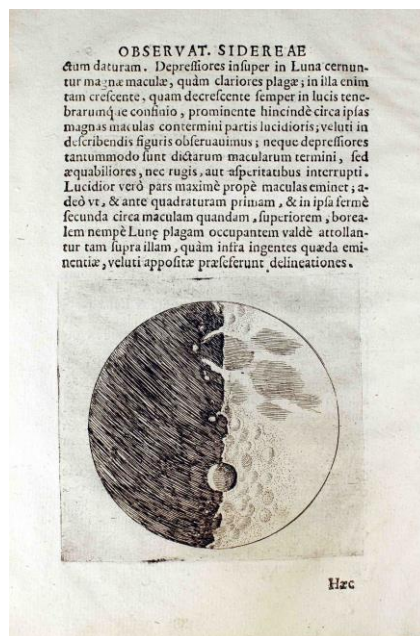
Tahun 2009 merupakan Tahun Internasional Astronomi yang pertama kali dideklarasikan oleh Persatuan Astronomi Internasional, kemudian oleh UNESCO dan terakhir oleh Majelis Umum PBB. Hal ini dilakukan untuk memperingati digunakannya teleskop untuk penginderaan oleh Galileo 400 tahun yang lalu, pada tahun 1609 Masehi. Galileo (1564-1642) merupakan seorang profesor di Padua, bagian dari Republik Venesia. Galileo mendapatkan kabar tentang penemuan oleh seorang bangsa Belanda yang dapat mengamati secara dekat objek yang terletak sangat jauh. Walaupun dia tidak pernah melihatnya secara langsung, Galileo mencoba memahami prinsip lensa, komponennya dan kemudian dia menggabungkannya. Dia kemudian menunjukkannya kepada para bangsawan Venesia sebagai alat militer dan komersial yang dapat membantu mengamati kapal di lautan yang jauh. Penemuannya ini kemudian merupakan suatu kesuksesan yang besar.

Galileo kemudian memiliki ide untuk mengarahkan teleskopnya ke langit. Walaupun teleskop sulit digunakan dan juga memiliki ruang pandang yang sempit serta

kesulitan dalam menunjukkan suatu tempat, Galileo berhasil mengamati bagian bulan dan menyadari bahwa terdapat banyak struktur pada bulan tersebut. Karena pelatihannya dalam menggambar selama

Renaissans Italia, Galileo menyadari bahwa struktur-struktur tersebut merupakan sinar dan bayangan dimana dia melihat pegunungan dan lembah-lembah. Dari panjangnya bayangan dan perubahannya terhadap perubahan iluminasi dari matahari, dia bahkan dapat menentukan tingginya pegunungan tersebut. Beberapa bulan sebelumnya, seorang bangsa Inggris bernama Thomas Harriot juga menggunakan teleskop serupa untuk mengamati bulan, namun dia hanya dapat menggambarkan coretan kabur dari bagian bulan yang diamati. Tetapi, Harriot tidak tertarik untuk publikasi atau ketenaran sehingga hasil karyanya tidak diketahui hingga setelah dia wafat.

Satu lensa yang digunakan Galileo untuk berbagai penemuannya masih tersimpan di Museum History of Science di Florence, Italia dan juga dua teleskop lengkap miliknya (Gambar 7a).



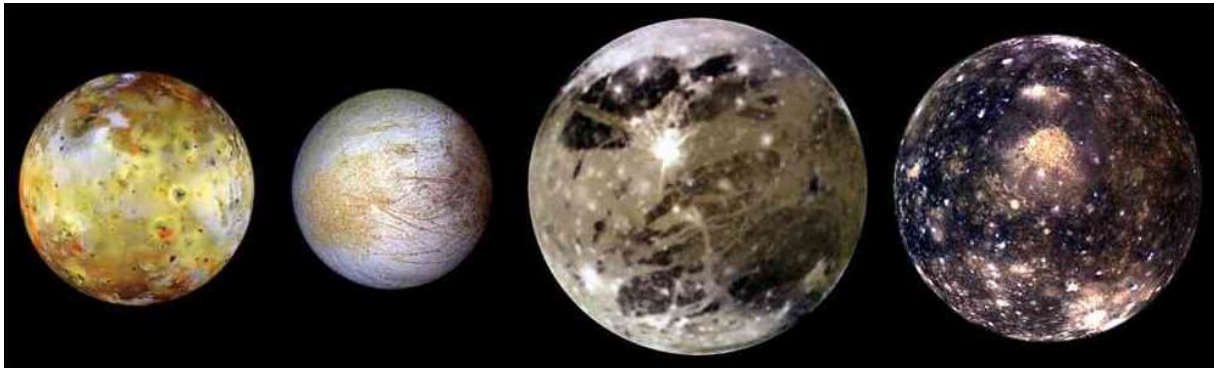
Gambar 7a: Satu dari dua teleskop Galileo yang diselamatkan dan dibawa ke Institut Franklin di Philadelphia pada tahun 2009. Bagian luar lensanya dilapisi oleh cincin karton. Dengan menyembunyikan bagian luar lensa tersebut yang merupakan bagian dengan akurasi terendah, Galileo meningkatkan kualitas citra yang didupakannya. (Foto: Jay M. Pasachoff). Gambar 7b: Sebuah halaman pada buku Galileo Sidereus Nuncius (The Starry Messenger) yang terbit pada tahun 1610 yang menunjukkan permukaan bulan. Buku tersebut ditulis dalam bahasa Latin, bahasa oleh para ilmuwan Eropa. Pada buku ini juga terdapat penjelasan mendalam tentang gerak relatif bulan-bulan yang mengelilingi Jupiter.

Galileo mulai menulis penemuan- penemuannya di akhir 1609. Dia tidak hanya menemukan pegunungan dan lembah di bulan tetapi juga galaksi Bima Sakti yang terdiri atas banyak bintang, termasuk arterisme. Kemudian pada bulan Januari 1610, dia juga menemukan empat “bintang” disekitar planet Jupiter yang bergerak bersamaan dengan Jupiter tersebut dan berpindah posisi dari suatu malam ke malam berikutnya. Penemuan ini ditandai sebagai penemuan bulan-bulan Jupiter yang sekarang dikenal dengan Satelit Galileo. Dia menuliskan penemuannya ini dalam suatu buku tipis berjudul Sidereus Nuncius (The Starry Messenger) yang diterbitkan pada tahun 1610 (Gambar 7b). Sejak Aristoteles dan Ptolemy, pemahamannya adalah bumi merupakan satu-satunya pusat revolusi. Aristoteles juga diyakini sebagai orang yang sempurna. Sehingga penemuan satelit Jupiter merupakan pukulan luar biasa bagi penganut konsep geosentris, dan oleh karena itu, penemuan ini menjadi bagian penting bagi teori heliosentris oleh Copernicus.

Galileo mencoba menamai bulan-bulan di Jupiter setelah pendukungnya Cosmo de’ Medici memintanya. Namun, nama-nama tersebut tidak cocok. Dalam beberapa tahun, Simon Marius mengajukan nama-nama bulan yang hingga saat ini digunakan. (Marius sebenarnya telah melihat bulan sebelum Galileo, namun dia mempublikasikan penemuannya setelah publikasi Galileo). Dari kiri ke kanan, bulan-bulan tersebut adalah Io, Europa, Ganimede, dan Callisto (Gambar 9). Bahkan dengan menggunakan teleskop amatir yang kecil kamu dapat melihatnya di malam yang cerah dan dapat mengamati perubahan waktu dengan perpindahan posisinya. Bulan-bulan ini mengorbit Jupiter dalam periode beberapa hari untuk sekali putaran



Gambar 8. Pada tahun 2009, untuk memperingati 400 tahun sejak pertama kali digunakannya teleskop oleh Galileo, sebuah papan nama dipasang pada bagian atas suatu menara yang dibangun sejak abad ke-15 (yang direkonstruksi pada abad ke-20 setelah roboh pada tahun 1902) di Venesia. Perayaan ini merupakan demonstrasi yang dilakukan oleh Galileo tentang penggunaan teleskopnya didepan para bangsawan Venesia dalam mengamati kapal-kapal yang berada dilautan luas, sebelum pengamatannya terhadap langit. Tulisan pada papan nama tersebut diterjemahkan menjadi “Galileo Galilei dengan teropong kecilnya, pada tanggal 21 Agustus 2009, memperluas horizon manusia, 400 tahun yang lalu.”(Foto: Jay M. Pasachoff)



Gambar 9. Galileo akan merasa bahagia jika mengetahui nama pesawat luar angkasa dan pendahulunya yang ditampilkan pada „Satelit Medician“ yang ditemukannya pada tahun 1609. Pada gambar ini ditunjukkan citra satelit Medician dengan skala relatif yang sebenarnya. Dari kiri ke kanan, kita dapat melihat Io, yang baru mengalami perubahan permukaannya dengan 24 kali erupsi gunung api secara terus menerus. Yang kedua adalah Europa, tujuan utama dalam menemukan kehidupan ekstra-terestrial dikarenakan adanya lautan dibawah lapisan es yang halus. Ketiga adalah Ganymede, bulan terbesar dalam sistem tata surya yang menunjukkan bagian beralur yang indah pada permukaannya. Dan yang paling kanan adalah Callisto, yang paling terjauh diantara bulan-bulan Jupiter lainnya yang diselimuti oleh lapisan es keras yang memelihara bekas dari berbagai serangan batu meteor sejak milyaran tahun yang lalu. (Foto: NASA, Galileo Mission, PIA01400)

Walaupun dengan menggunakan teleskop terbesar dan terbaik, para astronomer belum mampu mendapatkan gambar yang jelas dari struktur permukaan satelit Galileo. Namun, dengan satelit NASA Pioneer 10 dan 11 kemudian Voyager 1 dan 2 yang melintas mendekati sistem orbit Jupiter, maka didapatkan informasi detail dari satelit-satelit Jupiter yang kemudian di karakterisaasi jenis dan permukaannya. Berdasarkan pengamatan di bumi dan luar angkasa, para astronomer masih mengeksplorasi bulan-bulan yang terdapat di orbit Jupiter, walaupun penemuan terbaru mereka masih jauh lebih kecil dibanding dengan satelit-satelit Galileo.

Galileo juga menggunakan penemuan-penemuannya untuk mendapatkan pekerjaan lebih baik dengan pendapatan yang lebih tinggi di Florence. Sayangnya, Florence sangat dekat dengan otoritas Papal di Roma yang berfungsi sebagai banker bagi Pope dan tidak seliberal Republik Venesia. Kemudian Galileo melanjutkan penulisan ilmiahnya diberbagai bidang seperti titik matahari, komet, dan benda mengambang. Tulisannya ini secara keseluruhan membantah penemuan yang telah dilakukan oleh Aristoteles. Kemudian dia juga menemukan bahwa Venus memiliki fasa yang menunjukkan bahwa Venus mengorbit mengelilingi matahari. Hal ini membuktikan bahwa bumi mengelilingi matahari, dimana teori hybrid Tycho tentang kosmologi dapat menjelaskannya. Namun, Galileo melihatnya sebagai pendukung teori Copernicus.

Pada tahun 1616, Galileo diminta oleh pejabat gereja di Roma untuk tidak mengajarkan paham Copernicus yang menyatakan bahwa matahari sebagai pusat alam semesta dibanding bumi. Dia akhirnya dapat memilih untuk diam untuk sementara waktu hingga pada tahun 1632 Galileo menerbitkan bukunya yang berjudul Dialogo (Dialogue on

Two Chief World Systems) yang berisi tentang diskusi paham heliosentris dan geosentris oleh tiga lelaki. Dia memiliki izin resmi untuk menerbitkan buku ini, namun buku ini lebih menunjukkan dengan jelas dukungan terhadap paham sistem heliosentris oleh Copernicus. Hal ini menyebabkan Galileo didakwa dan menjadi tawanan rumah hingga akhir hayatnya.

Ilmu Fisika Baru: Isaac Newton dari Inggris

Banyak orang yang percaya bahwa tiga fisikawan terbaik adalah Isaac Newton, James Clerk Maxwell, dan Albert Einstein. Ringkasannya: Newton menemukan Hukum Gravitasi, Clerk Maxwell menyatukan listrik dan magnetisasi dan Einstein menemukan Teori Relativitas secara umum dan khusus di London berkumpul di suatu rumah kopi untuk membentuk suatu komunitas (sekarang bernama Royal Society), dan Edmond Halley muda juga dikirim ke Cambridge untuk mengkonfirmasi suatu cerita dimana seorang matematikawan jenius, bernama Isaac Newton dapat membantu mereka dengan suatu pertanyaan ilmiah yang penting. Perjalanan dari London ke Cambridge dengan kereta pos ternyata jauh lebih lama dan lebih sulit dibandingkan dengan menggunakan kereta api saat ini.

Halley bertanya kepada Newton jika terdapat suatu gaya yang jatuh dengan jarak yang dikuadratkan, bagaimana bentuk orbit yang akan didapat? Dan Newton menjawab bentuknya akan seperti suatu elips. Merasa terkesan, Halley juga menanyakan apakah Newton telah membuktikannya dan dia pun menjawab jika pembuktiannya terdapat dalam dokumen yang dimilikinya. Dia mengatakan bahwa dokumen tersebut tidak dapat ditemukan, walaupun mungkin ingin mengulur apakah sebaiknya dia benar-benar ingin mengubah analisisnya. Akhirnya, Newton menuliskan beberapa kesimpulan matematikanya. Kesimpulan ini membantunya dalam menerbitkan buku terkenalnya *The Philosophia Naturalis Principia Mathematica* (Prinsip Matematika Filosofi Alam) dimana filosofi yang dimaksud sekarang bernama sains.

Buku *Principia* Newton diterbitkan tahun 1687 dalam bahasa Latin. Dia sebelumnya masih menjadi seorang pengajar dikampus, sebelum menjadi ksatria bagi Inggris dengan karya-karya selanjutnya. Halley harus membayar biaya percetakan buku Newton ini, dan dia memperjuangkannya walau hanya menulis bagian kata pengantar.

Buku *Principia* menjelaskan tentang Hukum Newton yang menunjukkan bagaimana gravitasi dihilangkan oleh jarak pangkat dua, dan juga pembuktian Hukum Kepler tentang orbit planet. Buku ini juga memuat Hukum Newton tentang gerak yang dinotasikan dalam “hukum” sementara hukum Kepler ditulis dalam pernyataan biasa.

Hukum Newton tentang Gerak:

Hukum Newton Pertama tentang gerak: suatu benda yang bergerak akan cenderung tetap bergerak dan suatu benda yang diam akan tetap diam.

Hukum Newton Kedua tentang gerak (versi modern): gaya sama dengan massa dikalikan dengan percepatan

Hukum Newton Ketiga tentang Gerak: Untuk setiap gaya aksi, akan terdapat gaya aksi yang nilainya sama dan arahnya berlawanan.

Newton menjabarkan prinsip sains melalui fisika matematikanya yang kemudian digunakan dalam ilmu sains hingga saat ini.

Kelanjutan Penelitian Astronomi

Sama halnya dengan manusia kuno yang ingin tahu tentang langit dan juga ingin mengetahui posisi kita dalam alam semesta, para astronomer saat ini juga telah melanjutkan penemuan-penemuan dimasa lalu dengan motivasi yang sama. Penemuan secara teoritis dan observasi telah mengubah pemahaman kita tentang posisi kita di alam semesta dari paham geosentris oleh Ptolemy, hingga ke hipotesis heliosentris Copernicus, kemudian penemuan sistem tata surya yang bukan merupakan pusat galaksi kita, hingga ke pemahaman tentang galaksi yang terdistribusi di alam semesta.

Astronomi komtemporer fokus pada program untuk menemukan sifat dari materi gelap dan energi gelap. Teori Einstein tentang relativitas mengindikasikan bahwa galaksi bima sakti bukan pusat alam semesta, namun makna „pusat“ dapat dikatakan tidak berarti. Penemuan terbaru tentang ratusan planet luar yang mengorbit bintang-bintang lain telah menunjukkan bagaimana sebenarnya sistem tata surya kita. Teori baru tentang terbentuknya planet bersifat paralel dengan observasi terbaru tentang sistem planet yang tidak terbayangkan. Jalur penemuannya telah terbentuk jauh sebelum para astronomer modern melakukannya, yaitu telah berlangsung sejak ribuan atau ratusan tahun yang lalu.

Daftar Pustaka

- Hoskin, M. (editor), *Cambridge Illustrated History of Astronomy*, Cambridge University Press, 1997.
- Pasachoff, J and Filippenko A, *The Cosmos: Astronomy in the New Mellennium, 4th ed.*, Cambridge University Press 2012.

Sumber Internet

- www.solarcorona.com
- <http://www.astrosociety.org/education/resources/multiprint.html>
- <http://www2.astronomicalheritage.net>