

BAB II

WAKTU DAN JAM MATAHARI

A. Konsep Waktu

Waktu merupakan sebuah keadaan yang dapat diamati dan diukur dengan menggunakan alat semacam jam mesin, jam listrik atau pun dengan melihat keadaan alam.¹ Apabila dilihat sebagai garis lurus, waktu terbentang dari masa silam, melintasi masa kini, dan masuk ke masa yang akan datang. Tahun susul-menyusul dengan urutan yang rapi, hari Senin diikuti oleh Selasa, Selasa oleh Rabu, dan seterusnya. Sepanjang sejarah, orang mencoba mengukur perjalanan waktu, membagi waktu ke dalam satuan yang semakin kecil. Orang-orang mengukur waktu dalam pecahan-pecahan detik yang sangat kecil dan ketepatan waktu sampai ke menit-menitnya sehari-hari. Semua ukuran waktu ini tergantung pada kenyataan bahwa dalam kehidupan sehari-hari waktu mengalir dengan mantap tanpa adanya perubahan.²

Dalam penentuannya, waktu didasarkan pada perputaran Bumi pada porosnya. Perbedaan yang terjadi diakibatkan perbedaan dari obyek benda langit yang digunakan sebagai dasar perhitungannya.

Dalam standar Internasional, standar waktu adalah detik (*second*).

1 menit (*minute*) sama dengan 60 detik. 1 jam (*hour*) sama dengan 60

¹ James Jespersen dan Fitz-Randolph, *From Sundials to Atomic Clocks: Understanding Time and Frequency*, Washington D.C.: U.S. Government Print Office, 1999. Hlm. 5.

² Mary dan John Gribbin, *Jendela Iptek Seri 13: Ruang dan Waktu*, Jakarta: PT. Balai Pustaka, 2000. Hlm. 16.

menit. Jam dalam desimal dapat dinyatakan dalam jam:menit:detik. Misalnya 3,125 jam = 3 jam 7 menit 30 detik.³

Sebagai dasar perhitungan, waktu dibedakan menjadi tiga macam, antara lain:

1) Waktu bintang

Obyek yang dijadikan peninjauan untuk mengetahui waktu bintang adalah *vernal equinox* atau titik Aries. Waktu bintang mempunyai asumsi bahwa Bumi berotasi pada jalur yang tetap dan Bumi memiliki ekuator dan lintang pada bidang yang tetap. Titik Aries bergerak ke arah barat karena adanya gerak presisi. Selang antara perpindahan titik Aries ke titik yang tetap sebelumnya itulah yang dimaksud dengan waktu bintang atau *Sidereal Time*.⁴

Waktu bintang dimulai pada jam 00.00 pada saat titik Aries berada di kulminasi atas atau zenith sedangkan pada saat pukul 12.00 waktu bintang saat itu titik aries berada di kulminasi bawah atau nadir dari pengamatan.⁵

2) Waktu Matahari Sejati

Dasar dari pengukuran waktu adalah rotasi Bumi terhadap sumbunya. Akibat rotasi Bumi, Matahari nampak bergerak terbit dari timur dan tenggelam sebelah barat. Obyek dasar perhitungan Waktu Matahari sejati adalah gerak semu Matahari yang nampak oleh

³ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, Yogyakarta: Fakultas MIPA Universitas Gajah Mada, 2012. hlm. 19.

⁴ Mc Nally, *Positional Astronomy*, Briston: Arrowsmith Ltd, 1974. Hlm. 80.

⁵ Badan Hisab & Rukyat Departemen Agama, *Almanak Hisab Rukyat*. Proyek Pembinaan badan Peradilan Agama. Jakarta: 1981. hlm. 162.

peninjau yang diakibatkan rotasi Bumi yang tidak beraturan. Waktu Matahari sejati disebut *Dynamic Time* atau *Solar Time*.⁶

Bumi berputar mengelilingi Matahari dengan sebuah orbit ekliptika dengan menggunakan gaya gravitasi, dan bergerak pada porosnya yang bergerak pada gerak semu Matahari yang tidak seragam, menyebabkan panjang waktu tiap hari berbeda-beda pada tiap musimnya. Jam Matahari merupakan alat yang cocok untuk menunjukkan waktu Matahari sejati.⁷

Jam 00.00 waktu Matahari sejati terjadi ketika matahari berada di kulminasi bawah atau nadir dari pengamatan dan jam 12.00 waktu Matahari sejati jika Matahari berada di kuminasi atas atau titik zenith dari pengamatan. Oleh karena pengukuran dilakukan atas kedudukan Matahari maka masing-masing tempat dengan sendirinya mempunyai waktu sejati sendiri menurut letaknya pada meridian masing-masing.⁸

3) Waktu Matahari menengah

Acuan dasar dari perhitungan waktunya adalah gerakan Matahari yang diamati di meridian Greenwich. (Bujur 0 derajat) adalah *Universal Time* (UT) atau *Greenwich Civil Time*. Kita sering menyebutnya *Greenwich Mean Time* (GMT).⁹

⁶ Rinto Anugraha, *op.cit.*, hlm. 20.

⁷ George L. Hosmer dan James M. Robbins, *Practical Astronomy: A Textbook For Engineering Schools And A Manual of Field Methods*, New York: John Wiley & Sons, Inc. 1963. hlm. 59.

⁸ Badan Hisab & Rukyat Departemen Agama, *op.cit.*, hlm. 162.

⁹ Rinto Anugraha, *op.cit.*, hlm 20.

Perhitungan Universal Time dimulai pada tengah malam dan dihitung mulai dari jam 0 sampai jam 24. Untuk menyetarakan waktu berbagai wilayah di belahan Bumi, maka di bagi menjadi 24 zona waktu, dengan jarak tiap 15° sebesar satu jam dan Greenwich sebagai pusat meridian (garis bujur 0°). Dengan demikian bahwa wilayah bujur barat memiliki waktu lebih cepat sampai 12 jam dari Greenwich, dan wilayah bujur timur memiliki waktu lebih lambat sampai 12 jam dari Greenwich.¹⁰

Jika Matahari menengah berada di kulminasi atas atau zenith, maka Matahari menengah jam 12.00 dan jika Matahari menengah berada di kulminasi bawah atau nadir maka jam 00.00. pada kehidupan sehari-hari, yang dipergunakan adalah waktu Matahari menengah, dimana jam-jam yang digunakan menggunakan ukuran waktu ini.¹¹

B. Sejarah Perkembangan Alat Penunjuk Waktu

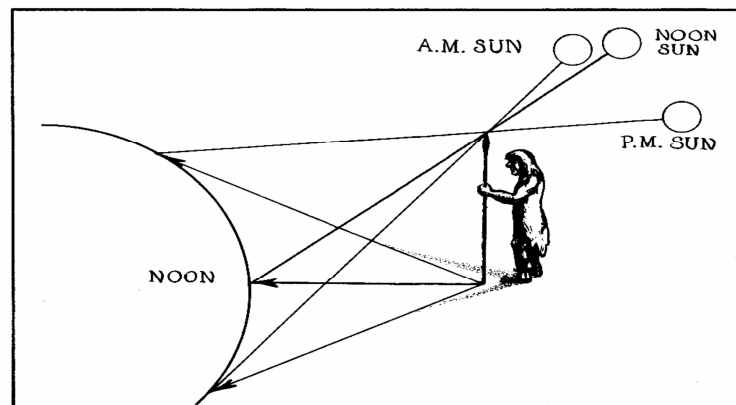
Manusia sejak beberapa abad silam telah mengadakan pengamatan terhadap bayang-bayang yang dihasilkan Matahari sebagai obyek yang dijadikan penanda perubahan waktu setiap hari dan tahunnya dan dipelajari oleh berbagai kalangan manusia agar dapat digunakan sebagai penunjuk waktu.¹²

¹⁰ W. M. Smart, *Foundations of Astronomy*, London: Longmans, Green and Co. 1944, hlm. 57.

¹¹Badan Hisab & Rukyat Departemen Agama, *op.cit.*, hlm. 162.

¹² Denis Savoie, *Sundials Design, Construction, and Use*, Chichester: Praxis Publishing, 2009, hlm. 25.

Menurut beberapa ahli, awal mula manusia untuk mengetahui waktu yaitu dengan memperhatikan bayangan pohon. Manusia melakukan pengamatan terhadap bayangan yang dihasilkan oleh pohon dan memperhatikan bayangan tersebut akan memendek ketika pagi hari beranjak siang kemudian akan memanjang lagi setelah melewati tengah hari. Kemudian manusia mengamati bayangan yang dihasilkan sebuah tongkat pada saat Matahari terbit yang pada awalnya memiliki panjang dua kali tongkat tersebut dan akan terus memendek sampai siang hari. Setelah siang hari, bayangan tongkat akan terus memanjang hingga dua kali panjang tongkat tersebut sebelum Matahari tenggelam.¹³



Sumber: buku *The Sundial dan Geometry* hlm. 2.

gambar 2.1

Ilustrasi bayangan yang dihasilkan tongkat dijadikan sebagai acuan waktu manusia jaman dahulu

Kemampuan yang dimiliki manusia mengalami peningkatan dari waktu ke waktu hingga mampu membuat jam Matahari. Jam Matahari atau

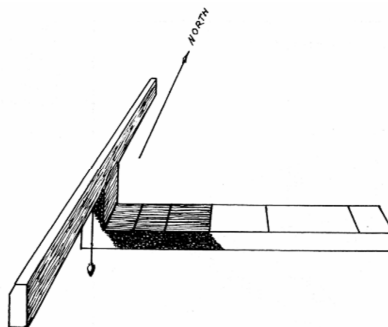
¹³ Lawrence E. Jones, *The Sundial dan Geometry*, Glastonbury: North American Sundial Society, 2005 hlm. 1.

biasa disebut *sundial*¹⁴ pertama kali digunakan oleh bangsa Mesir sekitar 15 abad sebelum Masehi. Hal ini diketahui setelah beberapa peneliti melakukan penelitian terhadap naskah kuno yang ditemukan mengenai sebuah *gnomon* berusia sekitar 1450 SM yang berbentuk tugu. Benda tersebut digunakan oleh masyarakat Mesir kuno sebagai penunjuk waktu dan penentuan kalender. Pada masa Thutmosis III (1501-1448 SM), dia sudah memiliki sebuah perangkat portable yang diperkirakan sebagai jam Matahari tertua. *Gnomon* jam Matahari ini tidak seperti *gnomon* pada umumnya walaupun dibangun dengan prinsip yang sama. *Gnomon*-nya dibuat dari potongan batu dengan latar L yang dipotong sepanjang 30 cm, yang menyokong di atasnya sebuah batu yang memiliki panjang sisi yang sama.¹⁵ Orang-orang Mesir juga menggunakan susunan dari rasi bintang pada malam hari sebagai penanda waktu. Penentuan waktu dengan rasi bintang pada malam hari dilakukan dalam Piramida yang masih terbuka ke langit sehingga dapat mengamati perjalanan bintang-bintang tertentu sebelum Piramida tersebut diselesaikan pembangunannya. Mereka

¹⁴ Secara Secara etimologi *sundial* berasal dari bahasa Inggris yang artinya alat petunjuk waktu dengan bantuan bayangan sinar Matahari. *Sundial* dalam bahasa Arab disebut *as-sa'ahasyamsiyah* atau *Mizwala*. Kedua istilah tersebut digunakan dalam bahasa Arab modern. Di Indonesia *sundial* lebih dikenal dengan sebutan *bencet* yang berarti alat sederhana yang terbuat dari semen atau semacamnya yang diletakkan di tempat terbuka agar mendapat sinar Matahari. Alat ini berguna untuk mengetahui waktu Matahari hakiki, tanggal Syamsiah serta untuk mengetahui *pranotomongso*. Lihat dalam John M Echols Dan Hasan Shadily, *Kamus Inggris Indonesia*, Jakarta: Gramedia, 2003, Cet XXV, hlm 586

¹⁵ Rene R. J. Rohr, *Sundials History, Theory and Practice*, New York: Dover Publications, Inc. 1996. Hlm. 5.

mengumpulkan data-data perubahan posisi bintang terhadap Matahari selama setahun.¹⁶



Sumber: buku *Sundials: History, Theory, and Practice* hlm. 5.
gambar 2.2.

sundial tertua di Mesir sekitar abad 15 SM.

Sekitar tahun 1000 SM, peradaban Cina telah mengalami perkembangan. Dengan melakukan penelitian terhadap naskah kuno yang ditemukan di negeri itu, orang Cina telah menggunakan *gnomon* sebagai instrumen yang digunakan untuk pengamatan astronomi. Tak hanya itu, orang Cina juga berhasil menemukan suatu lokasi menggunakan meridian astronomis, mengetahui waktu terjadinya titik balik Matahari, dan telah menghitung kemiringan yang dimiliki Bumi yaitu $23^{\circ} 54'$ yang tidak jauh berbeda dengan deklinasi Matahari pada saat ini yaitu $23^{\circ} 27'$ ¹⁷. Orang China juga telah membuat sebuah jam yang memiliki karakteristik seperti jam yang berteknologi mesin. Jam tersebut menggunakan air sebagai acuannya, yang dijalankan dengan kincir air yang diputar dengan aliran air pada wadah-wadah kecil yang melingkari kincir tersebut. Wadah yang ada

¹⁶ Charles M. Huffer dkk, *An Introduction to Astronomy*, New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc, 1973. Hlm. 99.

¹⁷ *Ibid.*, hlm. 6.

akan dipenuhi air yang menyebabkan berputarnya wadah selanjutnya dan berlangsung terus menerus yang menunjukkan berjalannya waktu.¹⁸

Pada masa Yunani kuno, orang Yunani telah memiliki disain jam Matahari yang maju, hal tersebut dapat dilihat dari jam Matahari yang telah mereka buat. Sebagai contoh mereka telah membuat jam Matahari dengan berbagai bentuk seperti *sundial* berbentuk krucut, berbentuk bola dan sebagainya. Para arkeolog telah menggali dan menemukan kembali ratusan jam Matahari kuno yang masih asli dan awet di daerah Mediterania. Sebagian jam Matahari kuno yang ditemukan tersebut menunjukkan derajat yang sesuai, yang memberikan sumbangan yang besar dalam ilmu Astronomi dan Matematika.¹⁹

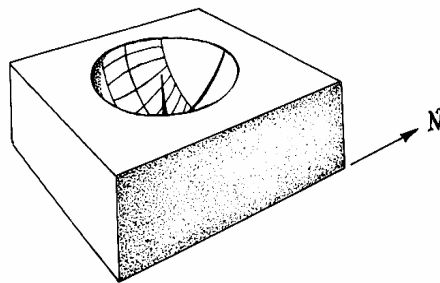
Salah satu yang terkenal adalah *sundial* yang dibuat oleh Aristarchus yang disebut *Hemispherium*. *Hemispherium* terbuat dari batu yang berlubang di tengahnya, dan *gnomon*-nya merupakan sebuah tuas yang berdiri secara vertikal yang terletak ditengah-tengah lubang tersebut. Diujung bagian dalam *gnomon*-nya terikat yang menunjukkan lintasan Matahari. Garis-garis vertikal yang berada di permukaannya menunjukkan waktu hakiki yang telah membagi waktu sebanyak dua belas jam, sedangkan garis horizontal, menunjukkan musim atau bulan.²⁰

¹⁸ James Jespersen dan Fitz-Randolph, *op.cit.*, hlm. 34.

¹⁹ Denis Savoie, *op.cit.*, hlm. 25.

²⁰ Lawrence E. Jones, *op.cit.*, hlm. 4.

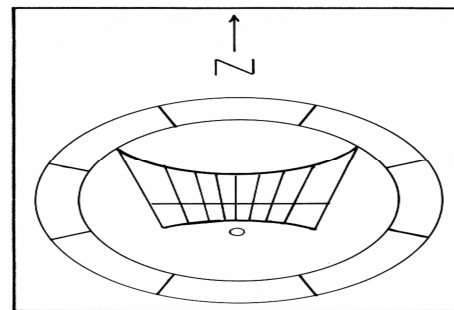
Ada juga *sundial* yang lain yang dinamakan dengan *pelekinon*. *Pelekinon* berasal dari bahasa Yunani yang bermakna kapak yang memiliki mata ganda, yang memiliki garis-garis penunjuk jam yang akurat. Sebuah garis tegak lurus sebagai *gnomon*. Garis pada bidang dial menunjukkan waktu harian dan musim.²¹



Sumber: *The Sundial and Geometry* hlm. 4-5

Gambar 2.3.

Bentuk dari *Hemispherium*



Gambar 2.4.

bentuk dari *pelekinon*

Seiring berjalannya waktu, kerajaan Romawi melakukan penaklukan di Yunani. Keberadaan ilmu pengetahuan pindah ke Italia, tak terkecuali perkembangan jam Matahari. Kerajaan Romawi melakukan ekspansi ke daerah Catania di pulau Sisilia pada perang punic pertama (264-241 SM) mengalahkan bangsa Charta, mereka membawa jam Matahari yang diperoleh ke kota Roma kemudian dipasang di lapangan umum. Akan tetapi jam Matahari yang didapat tidak menunjukkan waktu daerah tersebut karena lintangnya dirancang untuk daerah Sisilia²². Hal

²¹ *Ibid.*, hlm. 4-5.

²² Rene R. J. Rohr, *op.cit.*, hlm. 11.

tersebut berlangsung selama 99 tahun. Bangsa Romawi tidak suka dengan jam Matahari yang tidak akurat yang membuat mereka belajar untuk mempelajari gerak semu Matahari. Mereka belajar membuat berbagai macam bentuk jam Matahari.

Pada tahun 10 SM ketika raja Augustus berkuasa, dia membawa sebuah tugu yang memiliki tinggi kurang lebih 22 meter dari Mesir ke Roma yang dijadikan sebagai jam Matahari. Bidang *dial*nya sepanjang 150 meter dan lebar sepanjang 75 meter. Hal tersebut dilakukan sebagai peringatan terhadap penaklukan yang dilakukan terhadap bangsa Mesir. Jam Matahari ini dipasang di lapangan merah di Roma.²³

Ketika Islam berkembang pesat, ilmu pengetahuan juga mengalami hal serupa. Tak terkecuali dalam astronomi. Masyarakat Arab belajar ilmu Astronomi dari peradaban Yunani kuno, dengan mengembangkan segitiga bola dan mengembangkan jam Matahari. Mereka mengembangkan model jam Matahari yang maju, dengan membuat *gnomon* yang memiliki sumbu yang sejajar dengan rotasi poros Bumi yang menghadap pada kutub langit. Dengan sistem ini dalam satu jam akan memiliki waktu yang sama sepanjang 60 menit yang dapat digunakan sepanjang tahun. Dengan begitu ketika bayangan berubah saat berputarnya siklus musim, arah bayangan akan menunjukkan arah yang sama pada waktu yang sama sepanjang

²³ Denis Savoie, *op.cit.*, hlm. 26-27.

tahun²⁴. Tipe jam Matahari ini dibuat oleh pakar astronomi waktu itu, Ibnu Shatir untuk Masjid Umayyah pada tahun 1371 M.²⁵

Selain itu, ditemukan pula jam air yang canggih yang dibuat oleh Al-Jazari pada tahun 1136-1206 M yang berbentuk gajah dan menghasilkan suara setiap jam. Jam terbesar yang dibuat al-Jazari disebut *Castle Clock*, yang dianggap sebagai analog terprogram pertama. Ketika al-Jazari membuat jam air itu, banyak wilayah dari kekhalifahan Islam menepaskan diri dari penguasa pusat. Khalifah pada waktu itu tidaklah sekuat dan sesolid penguasa pendahulunya. Jam air yang relatif lebih modern sering kali dihadiahkan kepada raja-raja di Eropa, dimana pada masa itu ilmu pengetahuan dan teknologi masyarakat Eropa masih tertinggal jauh dengan ilmuan muslim. Pemberian jam air dianggap sebagai hadiah yang istimewa, baik dari sisi kebendaannya, maupun dari sisi teknologinya.²⁶

Ilmuwan Muslim lainnya menciptakan jam dengan alat berat. Dia adalah Ibnu Khalaf Al-Muradi dari Muslim Andalusia. Ada juga yang menciptakan jam mekanik lainnya adalah Taqi al-Din. Taqi al-Din menguraikan konstruksi jam yang dikendalikan pemberat dengan mekanisme gerak berupa *verge and foliot*, suatu rangkaian gir yang berdetak, sebuah alarm, dan pemodelan fase-fase Bulan. Dia juga

²⁴ *Ibid.*, hlm. 29.

²⁵ Lawrence E. Jones, *op.cit.*, hlm. 6.

²⁶ Darmawan Abdullah, *Jam Hijriyah: Menguak Konsepsi Waktu dalam Islam*, Jakarta: Pustaka al-Kautsar, 2011, hlm. 92.

menjabarkan tentang pembuatan jam yang dijalankan pegas dengan penggerak silinder-konis.²⁷

Pada abad ke-13 Masehi di Eropa, perkembangan penunjuk waktu mengalami hal yang stagnan. Kebanyakan bentuk jam Matahari berbentuk vertikal yang menempel pada dinding gereja, kastil, dan perumahan orang kaya. Desain jam Matahari digunakan untuk menunjukkan musim, dan waktu terbit tenggelamnya Matahari. Sebagian jam Matahari juga memiliki *gnomon* sesuai garis lintang.²⁸ Baru setelah abad ke-16, masyarakat Eropa baru mengenal bentuk jam Matahari yang bervariasi. Ditempat kelahirannya, Isaac Newton yang masih muda menunjukkan *ceiling dial* yang dibuat olehnya. Dia menggunakan kaca pada ambang jendela untuk memantulkan cahaya Matahari ke plafon, dimana garis penunjuk jam berada. Variasi bentuk jam Matahari bahkan dijadikan kurikulum di sekolah. Setiap buku matematika memiliki bab tersendiri tentang *dial*, dan beberapa buku memasukkannya sebagai pokok pembahasan.²⁹

Pada tahun 1656 seorang ahli astronomi dan matematika yang berasal dari Belanda yang bernama Christiaan Huygens menemukan jam pendulum. Huygens membutuhkan waktu enam bulan ketika membuat jam pendulum tersebut. Dia melihat bandul yang mengayun kecil pada busur

²⁷ Ahmad Y. Hasan dan Donald R. Hill, *Islamic Technology: An Illustrated History*, diterjemahkan oleh Yuliana Liputo, "Teknologi Dalam Sejarah Islam", Bandung: Mizan, 1993, hlm 87.

²⁸ Denis Savoie, *op.cit.*, hlm. 29.

²⁹ Lawrence E. Jones, *op.cit.*, hlm. 7.

lingkaran secara penuh yang lebih cepat dari ayunan yang lebih besar. Demikian, variasi dari ayunan bandul menjadi penyebab bertambah atau berkurangnya jam.³⁰

Pada abad ke-16, jam mekanik yang awal hanya sebagai penunjuk waktu berkembang menjadi perhiasan. Karena berkembangnya fungsi jam mekanik itu bahan-bahan terbuat dari uang logam, logam mulia dan baham perhiasan lainnya. Tahun 1700 hingga 1800 merupakan masa tansisi jam mekanik yang semula disimpan di saku kemudian bermigrasi menjadi jam tangan (arloji) yang digunakan pada pergelangan tangan yang akan mempermudah penggunaan penunjuk waktu.³¹

Ketika abad ke-19 akan berakhir, beberapa negara melakukan konferensi membahas mengenai standar waktu yang akan digunakan oleh masyarakat dunia. Konferensi dilakukan karena terjadi kebingungan antara satu negara dengan yang lainnya menggunakan standar waktu yang berbeda. Negara-negara tersebut berkeinginan menyatukan standar waktu yang akan mereka gunakan. Mereka memutuskan bahwa Greenwich sebagai acuan standar waktu yang digunakan di dunia. Pada saat konvrensi berlangsung, hanya empat negara yang mengadopsi *Greenwich Mean Time* yaitu Amerika Serikat, Inggris Raya, Kanada, dan Swedia. Negara-negara lain mengikuti standar waktu tersebut setelah keputusan pada saat

³⁰ William J. H. Andrewes, *Majalah Scientific American* dengan berjudul *Chronicle of Timekeeping*, New York: Scientific American, Inc, edisi 16, 2006, hlm. 49.

³¹ George I. Overton, *Clocks And Watches*, London: Fellow Of The British Horological Institute, 1922, hlm.94-95.

konferensi. Beberapa negara yang lain tetap pada acuan standar waktu yang telah mereka gunakan. Selang beberapa tahun satu per satu negara mulai meninggalkan standar waktu yang awalnya mereka gunakan dan mengikuti apa yang diputuskan dalam konferensi.³²

C. Jam Matahari

Jam Matahari ialah suatu alat yang digunakan untuk mengetahui waktu dengan bantuan bayangan Matahari. Jam Matahari juga sering dikenal dengan *bencet* ataupun *tongkat istiwa'*. Secara etimologi, jam Matahari berasal dari bahasa Inggris yaitu *Sundial* yang bermakna alat penunjuk waktu dengan bantuan bayangan Matahari.³³ Sedangkan dalam bahasa Arab dikenal dengan nama *Sa'ah Syamsiyah* (ساعة شمسية)³⁴ atau *mizwalla* (مزوالى)³⁵.

Penggunaan jam Matahari sebagai penunjuk waktu telah dimulai sejak zaman prasejarah, yaitu dengan digunakannya alat ini oleh orang-orang Mesir kuno pada abad ke-15 sebelum Masehi. Apabila dilihat dari bentuknya, hal yang paling terpenting yang ada pada jam Matahari adalah *gnomon* dan bidang *dial*. Sedangkan instrumen-instrumen lain biasanya sebagai pembantu dari kinerja jam Matahari.³⁶

³² Derek Howse, *Greenwich Time and The Discovery of The Longitude*, New York: Oxford University Press, 1980. Hlm. 152-153.

³³ John M Echols Dan Hasan Shadily, *Kamus Inggris Indonesia*, Jakarta: Gramedia, 2003, Cet XXV, hlm 586.

³⁴ Atabik Ali dan Ahmad Zuhdi Muhdhor, *Kamus Kontemporer Arab Indonesia*, Yogyakarta: Multi Karya Grafika, 2004. hlm. 1036.

³⁵ *Ibid.*, hlm. 1703.

³⁶ Rene R. J. Rohr, *op.cit.*, hlm. 5.

Gnomon adalah alat yang mempunyai fungsi sebagai penunjuk jam pada bidang dial yang dihasilkan oleh bayangan Matahari. Bidang *Dial* adalah alat yang berupa piringan atau dataran yang di atasnya tertulis angka-angka jam yang ditunjukkan oleh *gnomon* sebagai penunjuk bayangan Matahari.³⁷ Keberadaan *gnomon* telah ada ada sejak dahulu kala, hal tersebut dibuktikan dengan ditemukannya *gnomon* pada peradaban Mesir, Mesopotamia, Cina dan India. *Gnomon* diyakini oleh kebanyakan orang sebagai instrumen astronomi yang ada sejak purbakala.³⁸

Sedangkan bagian jam Matahari lain adalah bidang *dial*. Bidang *dial* sendiri yaitu alat berupa piringan atau datar yang biasanya tertulis angka-angka jam yang ditunjukkan oleh *gnomon* sebagai penunjuk bayangan Matahari.³⁹ Bidang dial biasanya terdapat tanda atau garis sebagai penunjuk jam dan dengan berbagai bentuk. Bidang dial bisa berbentuk horisontal, vertikal, ataupun miring dengan berbagai sudut. Sedangkan untuk penunjuk waktunya dirancang ada yang seperti lingkaran bola langit dan ada pula bidang datar.⁴⁰

D. Jenis Jam Matahari serta Konsep Aplikasi

Dengan melihat sejarah dari jam Matahari dari masa ke masa, perangkat penunjuk waktu ini mengalami perkembangan dengan berbagai bentuk yang ditemukan. Hal tersebut menjadikan jam Matahari memiliki bentuk dan konsep tersendiri. Jenis-jenis jam Matahari diantaranya jam

³⁷ Susiknan Azhari, *Ensiklipedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2008, hlm. 105.

³⁸ Denis Savoie. *op. cit.*, hlm. 51.

³⁹ Susiknan Azhari, *op. cit.*, hlm. 105.

⁴⁰ Denis Savoie *op. cit.*, hlm. 38.

Matahari vertikal, horisontal, ekuatorial dan sebagainya. Hal lain yang perlu diperhatikan ketika membuat yaitu penyesuaian dengan daerah pembuatan jam Matahari tersebut.⁴¹

1. Jam Matahari Ekuatorial

Jam Matahari Ekuator merupakan jam Matahari memiliki bidang dial berbentuk miring. Kemiringan yang dimiliki bidang dial jenis ini tegak lurus dengan lintang tempat jam Matahari tersebut. Kemiringan bidang dial tersebutlah yang menjadi ciri khas jenis jam Matahari ini.⁴²

Prinsip jam Matahari jenis ini diantaranya:

a. Bidang *dial*

Bidang dialnya merupakan hal yang paling khas dimiliki jam Matahari Ekuatorial. Dengan model ini, bayangan yang jatuh pada bidang *dial* tegak lurus dengan rotasi poros Bumi. Bidang *dial* memiliki kemiringan sebesar lintang tempat dengan penunjuk jam yang horisontal dengan sudut yang sama besar. Garis penunjuk jam yang dimiliki berada pada kedua sisinya. Hal tersebut dikarenakan ekuator langit berada pada berpindah-pindah tiap musimnya yang menyebabkan perpindahan gerak semu Matahari. Dengan begitu maka saat pergantian musim model ini akan berfungsi sepanjang tahun.⁴³

⁴¹ <http://www.thebiggestsundial.com> diakses pada 12 Januari 2014 pada pukul 20.15.

⁴² Rene J. Rohr, *op. cit.*, hlm. 46.

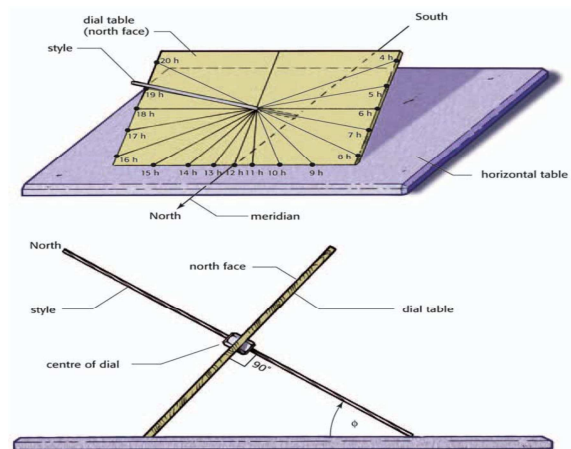
⁴³ Denis Savoie, *op.cit.*, hlm. 57.

b. Bentuk bayangan

Dengan berjalannya waktu, pergerakan bayangan tidaklah dua sisi yang berbeda tidaklah sama antara satu dengan yang lainnya. Bayangan pada bagian atas bergerak searah dengan jarum jam sedangkan bagian sebaliknya bergerak berlawanan dengan jarum jam.⁴⁴

c. Garis penunjuk jam

Garis penunjuk jam yang dibuat pada jam Matahari ini biasa memiliki sudut sebesar 15° per jamnya. Hal tersebut dikarenakan pergerakan Matahari yang bergerak 15° per jam disekitar garis khatulistiwa.⁴⁵



Sumber: buku *sundials: Design, Construction and Use* hlm. 60.

Gambar 2.5

Gambar atas merupakan bentuk jam Matahari ekuatorial dari depan, sedangkan gambar bawah dilihat dari samping

⁴⁴ *Ibid.*, hlm 59.

⁴⁵ *Ibid.*

2. Jam Matahari Horizontal

Tipe jam Matahari ini sering digunakan daripada tipe jam Matahari yang lainnya. Model ini lebih populer karena tipe ini bisa digunakan sepanjang waktu dari terbit sampai tenggelamnya Matahari, sedangkan tipe yang lain biasanya bisa dipakai hanya beberapa jam dalam sehari. Jam Matahari Horizontal seringkali dijadikan ornamen pada taman-taman. Dibuat dari batu yang diletakkan di atas sebuah tugu.⁴⁶ Prinsip yang dimiliki jam Matahari jenis ini diantaranya:

a. Bidang *dial*

Yang menjadi ciri utama jenis ini adalah bidang *dial* yang dimilikinya berada pada bidang yang mendatar dengan garis-garis penunjuk jam dan *style*⁴⁷ yang berada di atasnya. Ketika bayangan Matahari jatuh pada salah satu garis jam, itu menjadi penunjuk jam pada waktu hakiki. Bentuk *dial* inilah yang membedakan dengan jenis jam Matahari ekuatorial.⁴⁸

b. *Gnomon*

Ciri khas *gnomon* atau sering disebut *style* jenis ini adalah bentuknya yang menjulang dari bidang *dial* yang memiliki kemiringan sama dengan lintang tempat suatu daerah. Selain itu *gnomon* menghadap ke kutub utara ataupun selatan tergantung di

⁴⁶ Albert E. Waugh, *Sundials: Their Theory and Construction*, New York: Dover Publication, Inc. 1970. hlm. 35.

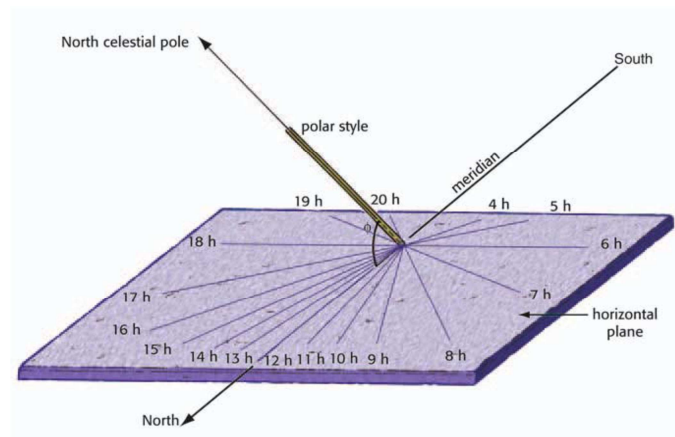
⁴⁷ *Style* merupakan sebutan untuk *gnomon* yang memiliki bentuk yang bermacam-macam. Lihat *ibid.*

⁴⁸ Denis Savoie, *op.cit.*, hlm 67.

belahan Bumi bagian mana jam Matahari ini berada.⁴⁹ Hal ini sangat penting mengingat banyak jam Matahari jenis ini yang hanya dijadikan hiasan di taman atau gedung tanpa melihat besarnya sudut dan arah yang dibentuk *style* tersebut.⁵⁰

c. Garis penunjuk jam

Garis penunjuk jam dibagi menjadi dua bagian yaitu dibagi oleh *gnomon* yang menjulang. Sisi satu menunjukkan waktu pagi dan satunya menunjukkan waktu siang dan sore. Setiap sudut pada garis penunjuk jam memiliki sudut yang berbeda sehingga ketika membuatnya membutuhkan perhitungan trigonometri atau geometri.⁵¹



Sumber: buku *Sundial Design, Construction and Use* hlm. 67.

gambar 2.6

bentuk jam Matahari horisontal

⁴⁹ *Ibid.*

⁵⁰ Albert E. Waugh, *op.cit.*, hlm. 35.

⁵¹ Denis Savoie, *op.cit.*, hlm 68.

3. Jam Matahari Vertikal

Jam Matahari vertikal merupakan jam Matahari yang banyak ditemukan menempel pada dinding rumah, gedung-gedung kuno, gereja, ataupun monumen.⁵² Tidak seperti bentuk jam Matahari ekuatorial yang memiliki bidang *dial* yang miring sebesar lintang tempat, dan jam Matahari horisontal yang memiliki bidang *dial* yang mendatar, jenis jam Matahari ini bisa memiliki bidang *dial* yang tegak lurus yang dapat dibuat dengan dua model.⁵³ Dua model jam Matahari vertikal tersebut yaitu:

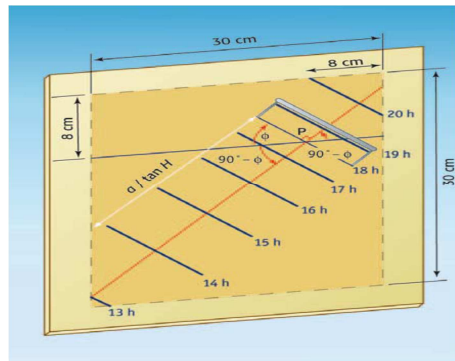
- a. bidang *dial* jam Matahari berdiri tegak lurus yang menghadap timur dan barat sejati. Bentuk ini disebut dengan *non-declining dial*.⁵⁴ Bentuk *gnomonnya* tegak lurus dengan lintang tempat yang berada pada bidang *dialnya*. Bidang *dial* yang menghadap timur digunakan sejak Matahari terbit sampai Matahari bergerak melebihi tembok tempat jam Matahari itu berada. Sedangkan bidang *dial* yang menghadap barat, dapat digunakan ketika Matahari melebihi permukaan dinding sampai tenggelamnya Matahari.⁵⁵

⁵² Denis Savoie, *op.cit.*, hlm. 89.

⁵³ Rene J. Rohr, *op. cit.*, hlm. 53.

⁵⁴ *Ibid.*

⁵⁵ Denis Savoie, *op.cit.*, hlm 98.



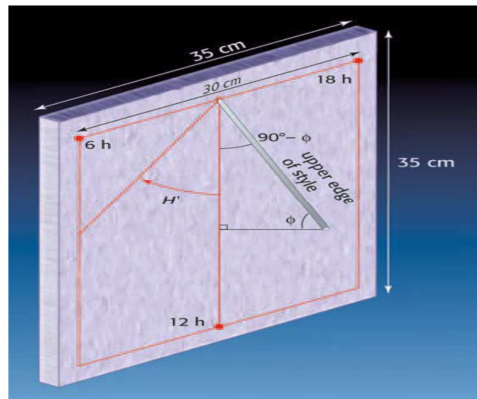
Sumber: buku *Sundial Design, Construction and Use* hlm. 98.

gambar 2.7

bentuk *non-declining dial*.

- b. Bidang *dial* jam Matahari berdiri tegak lurus yang menghadap selatan dan utara. Untuk bidang *dial* yang menghadap selatan dinamakan dengan *meridional sundial*, sedangkan bidang *dial* yang menghadap utara dinamakan *septentrional sundial*.⁵⁶ Gnomon yang dimiliki membentuk sudut yang dibuat dengan rumus $(90^\circ - \text{lintang tempat})$ yang berada ditengah-tengah garis penunjuk jam pada bidang *dial*. Dengan demikian makan bayangan yang terbentuk akan bergerak dari sisi Kiri ke sebelah sisi Kanan sepanjang hari, melewati satu demi satu garis penunjuk jam yang ada.

⁵⁶ Rene J. Rohr, *op. cit.* hlm. 53.



Sumber: buku *Sundial Design, Construction and Use* hlm. 92.

Gambar 2.8

Bentuk *meridional sundial* ataupun *septentrional sundial*

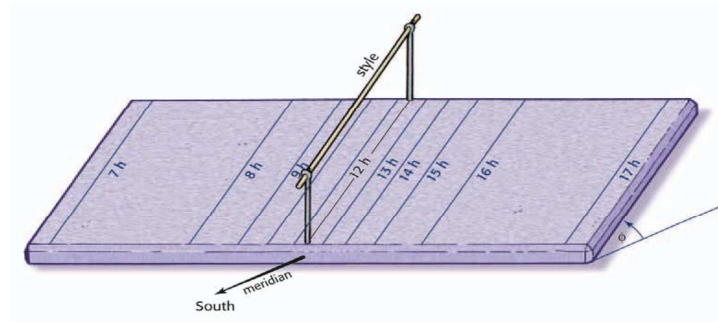
4. *Polar Sundial* (Jam Matahari kutub)

Polar sundial mempunyai bidang *dial* yang miring dengan garis-garis jam yang sejajar garis lintang di atasnya. Seperti namanya, bidang *dial* jam Matahari ini datar dan sejajar dengan sumbu kutub. Dengan kata lain, bidang *dial* dipasang miring sesuai dengan sudut yang dibentuk garis lintang daerah. *Gnomon*nya sejajar dengan bidang *dial*nya. *Gnomon* bisa dipasang seperti persegi panjang yang menjulang diatas bidang *dial*nya.⁵⁷

Garis-garis penunjuk jam dibuat sejajar dengan *gnomon*. Jarak yang dibuat antara satu garis dengan yang lainnya menggunakan perhitungan rumus tangen. Sedangkan bayangan yang dibentuk bergerak dari barat ke timur secara beraturan melewati garis-garis

⁵⁷ Denis Savoie, *op.cit.*, hlm. 81

penunjuk jam apabila *gnomon* benar-benar sejajar dengan bidang *dialnya*.⁵⁸



Sumber: buku *Sundial Design, Construction and Use* hlm. 83.

Gambar 2.9

Bentuk *polar sundial*

E. Fungsi Jam Matahari

Jam Matahari yang pada awal pembuatannya hanya digunakan sebagai penunjuk waktu Matahari sejati, namun sejak berkembangnya ilmu pengetahuan maka fungsinya berkembang. Di antara fungsi-fungsi jam Matahari yaitu:

1. Sebagai Kalender Matahari

Kalender Matahari dapat digunakan dengan menggunakan jam Matahari yang diletakkan pada garis lintang daerah suatu tempat. Dengan diletakkan garis lintang tersebut, jam Matahari menunjukkan tanggal yang berbeda setiap tahunnya seperti titik *equinox*, titik balik Matahari, dan lain sebagainya. Untuk menentukan hal tersebut, dengan melihat bayangan *gnomon* yang melintasi garis lintang akan

⁵⁸ *Ibid.*

memunjukkan deklinasi Matahari (δ). Ketika Matahari berkulminasi di selatan, tinggi Matahari dapat dihitung dengan rumus $h = 90^\circ - \varphi + \delta$.

Dengan perubahan deklinasi Matahari yang berubah tiap hari, begitu pula bayangan *gnomon* berubah yang dapat digunakan sebagai penunjuk kalender.⁵⁹

2. Penunjuk Musim

Selain untuk penunjuk kalender, jam Matahari dapat digunakan sebagai penunjuk pergantian musim. Pergantian musim yang dimaksud adalah pergantian musim subtropis atau daerah yang memiliki empat musim, yaitu musim panas, musim gugur, musim dingin dan musim semi. Pergantian musim dengan jam Matahari memanfaatkan bayangan *gnomon* yang menunjukkan deklinasi Matahari.⁶⁰

3. Penunjuk Waktu Salat Zuhur dan Asar

Penentuan awal waktu salat ditentukan berdasarkan posisi Matahari diukur dari suatu tempat di muka Bumi. Menghitung waktu salat pada hakekatnya adalah menghitung posisi Matahari sesuai dengan kriteria yang ditentukan.⁶¹

Waktu Zuhur dimulai ketika tergelincirnya Matahari dari tengah langit (*istiwa'*) ke Barat ditandai dengan terbentuknya bayangan benda sesaat setelah posisi Matahari di tengah langit, atau bertambah bayangan *gnomon*, sesaat setelah posisi Matahari di tengah langit.

⁵⁹ *Ibid.*, hlm. 51-52.

⁶⁰ *Ibid.*, hlm. 61.

⁶¹ Ahmad Musonnif, *Ilmu Falak: Metode Hisab Awal Waktu Shalat, Arah Kiblat, Hisab Urfi dan Hisab Hakiki Awal Bulan*, Yogyakarta: Penerbit Teras, 2011, hlm. 58.

Waktu Zuhur berakhir ketika masuk waktu Asar. Waktu Asar dimulai ketika panjang bayangan *gnomon*, sama dengan panjang *gnomon* tersebut dan berakhir ketika masuk waktu Maghrib. Kecuali pendapat Imam Abu Hanifah yang berpendapat bahwa masuknya waktu Asar ialah ketika panjang bayangan suatu benda dua kali panjang bendanya.⁶²

4. Penunjuk Arah Kiblat

Jam Matahari dikembangkan sebagai penunjuk arah kiblat yaitu dengan mengikuti langkah-langkah pengukuran arah kiblat dengan menggunakan *theodolite* yang telah dimodifikasi menjadi alat yang dinamakan *Mizwalla Qibla Finder*⁶³ oleh Hendro Setyanto.

⁶² *Ibid.*, hlm. 62-63.

⁶³ *Mizwala Qibla Finder* karya Hendro Setyanto ini, sesuai dengan namanya adalah *Mizwalla* atau *sundial* yang diciptakan untuk menentukan arah kiblat. *Qibla Finder* yang merupakan bahasa Inggris yang bermakna pencari kiblat. Dengan menggunakan azimuth Matahari sebagai pembentuk bayangan *gnomon* sebagai acuan utama dalam menentukan arah kiblat dengan menggunakan alat ini.