

BAB II

TINJAUAN UMUM TENTANG SISTEM WAKTU DI DUNIA

Pada bab ini penulis memaparkan teori sebagai landasan keilmuan dalam permasalahan seputar kajian yang akan penulis teliti, dirangkum dalam judul Tinjauan Umum Tentang Sistem Waktu di Dunia. Untuk mengetahui lebih detail, penulis mencoba untuk mengurai definisi dan hal-hal yang berhubungan dengan sistem waktu sebagai berikut:

A. Pengertian Sistem Waktu

Kata sistem berarti perangkat unsur yang teratur saling berkaitan sehingga membentuk suatu totalitas, susunan yang teratur dari pandangan, teori dan asas.¹ Kata waktu yang berarti seluruh rangkaian saat ketika proses; perbuatan atau keadaan berada atau berlangsung.² Sistem waktu merupakan seluruh rangkaian waktu dengan proses yang teratur dan saling berkaitan sehingga membentuk suatu totalitas.

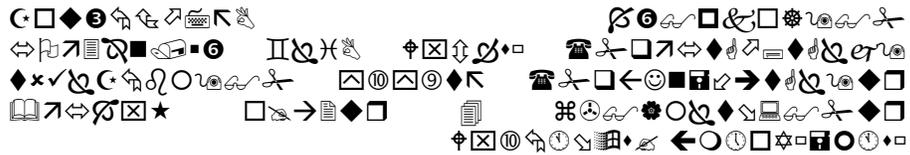
Sistem waktu diperlukan untuk menghubungkan ukuran waktu yang biasa digunakan seperti tahun, bulan, jam, menit dan detik dengan fenomena fisik ataupun geometrik yang diukur atau diamati.³

Sebagai umat Islam, perintah untuk mengetahui waktu secara prinsipil seperti mengetahui waktu terbitnya matahari, waktu tergelincirnya matahari, waktu terbenamnya matahari dan waktu *ijtima'* tidak ada hukumnya. Namun jika kemudian dikaitkan dengan aspek ibadah seperti shalat, puasa,

¹ Lihat Dendy Sugono, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Jakarta: Pusat Bahasa, 2008, hlm. 1362.

² *Ibid.* hlm. 1614.

³ Lihat makalah Hasanuddin Z Abidin, *Modul Sistem Waktu*, Bandung: Geodesi Research Division, 2007. Diunduh pada tanggal 18 April 2012 pkl 14.00 WIB.



Artinya: “Dan kami jadikan malam dan siang sebagai dua tanda, lalu kami hapuskan tanda malam dan kami jadikan tanda siang itu terang, agar kamu mencari kurnia dari Tuhanmu, dan supaya kamu mengetahui bilangan tahun-tahun dan perhitungan. dan segala sesuatu telah kami terangkan dengan jelas”.(Q.S. Al-Isra: 12).⁶

B. Sejarah dan Perkembangan Waktu di Dunia

Sebelum mengenal waktu, sebagian manusia masih dibingungkan terhadap perubahan fase bulan dan pergerakan planet. Namun kemudian beberapa manusia mempergunakan langit bagian utara dan beberapa gugus bintangnya dapat digunakan sebagai penunjuk waktu.⁷

Dalam hal ini, jam menjadi bagian utama dalam menunjukkan waktu dan alat inilah yang kemudian menjadi salah satu penemuan yang paling tua di dunia.

Berikut ini merupakan sejarah jam sebagai penunjuk waktu yang pernah ada di dunia, antara lain :

1. Jam Matahari

Jam matahari dilakukan dengan cara mengukur waktu dengan arah jatuhnya bayangan, sudah digunakan sejak zaman dahulu. Jam matahari yang dirancang baik dapat mengukur waktu dengan keakuratan menengah dan jam matahari terus digunakan sampai zaman modern. Namun, karena keterbatasan

⁶ Depag RI, *Al Qur'an dan Terjemahnya*, Bandung: Jumanatul Ali Art, 2005. hlm. 283.

⁷ Roy Worvill, *Waktu Kalender dan Jam*, Jakarta: Penerbit Mutiara, 1978, hlm. 10.

matahari harus bersinar dan jam ini sama sekali tidak bekerja pada malam hari membuat manusia menggunakan cara lain.⁸

Di India, Raja Jaipur, Jai Singh II membangun banyak instrumen dan jam matahari di observatorium di Jaipur, Varanasi, Ujjain, Mathura antara tahun 1724-1730.

2. Jam Bintang

Salah satu di antara gugusan bintang tersebut adalah rasi bintang yang berbentuk huruf W yang dinamakan *Cassiopeia (The Lady In The Chair)* dan rasi beruang kecil (*The Little Bear*). Gugus-gugus bintang *Circumpolar* (bintang-bintang yang mengelilingi kutub) mengelilingi langit sebelah utara (*Pole Star*). Dari sekian gugus bintang dari *Circumpolar* yang paling cemerlang dan terbesar adalah rasi *The Plough* atau disebut juga dengan *The Big Dipper*. Sebuah jam bintang yang disebut juga dengan *nocturnal* bisa menjadi petunjuk waktu jika telah mempelajari letak bintang-bintang *The Big Dipper*.⁹

3. Jam Air

Aliran air yang tetap di sebuah mata air atau sungai sering dikomparasikan dengan waktu yang sedang berlalu. Sejarah mencatat bahwa air yang menitik ke sebuah mangkuk pernah dijadikan sebagai pengukur waktu. Pengukur waktu seperti hal ini disebut dengan *klepsidra*, yang dalam bahasa Yunani berarti pencuri air.¹⁰

⁸ *Ibid.*, hlm. 8.

⁹ Robbin Kerrod, *Astronomi*, Jakarta: Erlangga, 2005, hlm. 60.

¹⁰ http://id.wikipedia.org/wiki/jam_air. Diakses tanggal 25 April 2012 pukul 13.00 WIB.

Salah satu Jam air yang pernah ditemukan pada tahun 1904 di Mesir, berasal dari tahun 1400 SM. *Klepsidra* yang terdiri dari mangkuk yang dilubangi tengahnya diberi mutiara agar saat menetes, air tersebut bisa konsisten dan mutiara tidak cepat aus.

4. Jam Pasir

Jam pasir sudah dipergunakan selama berabad abad di dunia. Sebuah jam pasir yang tertua terdapat di Majelis Rendah, Westminster. Pasir sebagai pilihan pengukur waktu karena pasir hampir disemua tempat ada dan tidak membeku pada udara dingin. Sekitar 1200 tahun yang lalu, jam pasir mulai digunakan. Desain bentuk jam pasir yang menyempit pada bagian tengahnya dan terbuat dari kaca merupakan cara agar kedap air dan dilihat sebagai visualisasi dari tempo waktu yang ada.¹¹

5. Jam Mekanik Pertama

Penemu jam mekanik yang pertama kali tidak bisa diketahui. Namun embrio pembuatan jam mekanik yaitu Archimedes yang hidup di Yunani sekitar tahun 250 SM.

Sejarah mencatat bahwa pada tahun 1288, sebuah jam dipasang di Westminster, London disebut dengan nama Great Tom. Setelah peristiwa itu, pada tahun 1360 sebuah jam yang dibuat untuk raja Perancis, Charles V. jam mekanik ini ditempatkan di menara istana raja yang jarumnya hanya ada satu dan digerakkan oleh sebuah beban yang mencapai 500 pon.¹²

¹¹ <http://id.wikipedia.org/wiki/Waktu>. Diakses tanggal 27 April 2012 pukul 10.00 WIB.

¹² *Loc.cit.*, hlm. 18.

Asal kata 'jam' sebenarnya berarti sebuah lonceng. Sebuah jam besi yang di katedral Salisbury merupakan jam mekanik tertua di Inggris. Jam yang dibuat pada tahun 1386 tidak mempunyai permukaan jarum. Di Katedral Well, terdapat jam yang menunjukkan fase-fase bulan. Jam mekanik pertama dijalankan oleh sebuah beban yang jatuh secara perlahan-lahan yang sekarang disebut dengan bandul.¹³

Penggunaan bandul sebagai pemberat yang konsisten untuk pengukur waktu mendapat kritikan dari Galileo, seorang sarjana dan ahli matematika Italia. Namun sekitar tahun 1660, penggunaan bandul baru diwujudkan oleh Huygens, Belanda. Pada tahun 1664, setelah penetapan bandul pada pengukur waktu. Thomas Tompion memulai modifikasi terhadap pembuatan jam mekanik.¹⁴

Sepanjang sejarah alat penunjuk waktu, para penemu, astronom dan ilmuwan akan selalu melakukan perbaikan dan memberikan inovasi selama 3000 tahun. Akurasi jam yang masih dipertahankan pada saat itu adalah jam Kristal yang bergetar dengan getaran rata-rata 100.000 per detik. Pada tahun 1429, jam Kristal ini dipergunakan di Royal Observatory, Greenwich.¹⁵

¹³ http://id.wikipedia.org/wiki/Sejarah_Waktu. Diakses tanggal 27 April 2012 pukul 11.00 WIB.

¹⁴ *Ibid*, hlm. 22.

¹⁵ [www.vivanews.com/Sejarah-ditetapkannya-gmt-\[greenwich-mean-time](http://www.vivanews.com/Sejarah-ditetapkannya-gmt-[greenwich-mean-time). diakses pada tanggal 4 April 2012 pukul 10.30 WIB.

C. Macam-macam Sistem Waktu

1. Waktu Hakiki

Waktu Hakiki merupakan waktu yang ditunjukkan oleh matahari Hakiki dinamakan Waktu Surya Hakiki Setempat (*Apparent Solar Time*), disebut Waktu Hakiki Setempat atau Waktu Surya juga Waktu *Istiwa'* Setempat (WIS).¹⁶

Waktu Hakiki ini dikarenakan bumi berotasi pada sumbunya dalam waktu 24 jam untuk sekali putaran sedangkan untuk berevolusi, bumi memerlukan waktu 1 tahun atau 365,25 hari untuk sekali edar. Lintasan peredaran bumi dalam mengelilingi matahari tidak berupa lingkaran melainkan berupa elips dan matahari sebagai pusatnya. Oleh karena itu, kecepatan bumi mengelilingi matahari dan jarak bumi terhadap matahari tidak tetap sepanjang tahun. Jarak terdekat antara bumi dan matahari yaitu pada tanggal 22 Desember sekitar $1,45 \times 10^{11}$ m, dan jarak terjauhnya pada tanggal 22 Juni sekitar $1,54 \times 10^{11}$ m.¹⁷

Dalam sistem waktu *Apparent Solar Time*, saat matahari mencapai kulminasi untuk suatu tempat, maka saat itu untuk tempat tersebut didefinisikan sebagai pukul 12.00 tepat.¹⁸

2. Waktu Pertengahan

Waktu Pertengahan (WP) disebut juga dengan *Mean Time* adalah waktu yang didasarkan kepada peredaran matahari khayal yang seakan-

¹⁶ Abdur Rachim, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Liberty, 1983, hlm. 41.

¹⁷ M Dimsiki Hadi, *Sains untuk Kesempurnaan Ibadah*, Yogyakarta: Prima Pustaka, 2009, hlm. 32.

¹⁸ *Ibid*, hlm. 31

akan perjalanannya stabil, artinya tidak pernah terlalu cepat dan tidak pernah terlambat.

Lintasan Rotasi bumi yang dalam perjalanannya mengelilingi matahari tidak bulat. Peredaran bumi berbentuk oval atau lonjong yang menyebabkan lama waktu pada setiap bulan berbeda. Jarak peredaran bumi mengelilingi bumi ini yang disebut dengan Aphelium¹⁹ dan Perihelium²⁰.

Untuk mengatasi permasalahan ini, para astronomi menciptakan sebuah matahari khayalan atau *Mean Sun*, agar bergerak dengan kecepatan yang konsisten dengan sebuah pengukur waktu (jam).

Oleh karena itu, Waktu Pertengahan (WP) dengan Waktu Hakiki (WH) bisa bersamaan dan bisa pula tidak bersamaan. Suatu ketika Waktu Pertengahan mendahului Waktu Hakiki dan pada saat yang lain Waktu Pertengahan didahului oleh Waktu Hakiki.

3. *Equation of Time*

Equation of Time dalam bahasa Indonesia sering disebut dengan istilah perata waktu, sedangkan dalam bahasa Arab disebut dengan *Ta'dil al-Syam*, yaitu selisih antara waktu kulminasi matahari hakiki dengan waktu matahari rata-rata. Dalam perhitungan astronomi *Equation of Time* biasanya disimbolkan dengan huruf 'e' kecil dan diperlukan untuk menghitung waktu shalat, menghitung arah kiblat yang menggunakan sudut deklinasi matahari, diperlukan juga dalam perhitungan awal bulan.

¹⁹ Titik terjauh pada peredaran benda langit dari pusat benda yang diedarinya. Dalam bahasa Inggris disebut *apogee* atau *aphelion*. Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, Cet. Ke-II, Edisi Revisi, 2008, hlm. 37.

²⁰ Titik terdekat pada peredaran benda langit dari pusat benda yang diedarinya. Dalam bahasa Inggris disebut *perigee* atau *perihelion*. *Ibid*, hlm. 163.

Dalam Ensiklopedi Hisab Rukyat, *Equation of Time* adalah perata waktu atau *Ta'dil Al-Waqt / Ta'dil asy-Syam* yaitu selisih antara waktu kulminasi matahari Hakiki dengan waktu matahari rata-rata. Data ini biasanya dinyatakan dengan huruf 'e' kecil dan diperlukan dalam menghisab awal waktu shalat.²¹

Tidak jauh berbeda, *Equation of Time* atau *Ta'dilul Auqat / Ta'diluz Zaman* yaitu selisih waktu antara waktu matahari hakiki dengan waktu matahari rata-rata. Dalam astronomi biasa disebut dengan *Equation of Time* yang diartikan dengan 'perata waktu'.²²

Jika diartikan secara harfiah, *Equation of Time* berarti Persamaan Waktu. Namun, *Equation of Time* tidak dapat dimaknai dengan pengertian 'Persamaan'. Dalam astronomi, kata *Equation* merujuk pada adanya koreksi atau selisih antara nilai rata-rata suatu variabel dengan nilai sesungguhnya. Dalam hal ini, *Equation of Time* berarti adanya selisih antara waktu matahari rata-rata dengan waktu matahari sesungguhnya. Disini yang dimaksud dengan waktu matahari adalah waktu lokal menurut pengamat di suatu tempat ketika matahari mencapai transit.²³

Dari beberapa pengertian diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa, *Equation of Time* atau perata waktu ialah selisih waktu antara waktu matahari hakiki dengan matahari rata-rata (pertengahan). Hal tersebut disebabkan peredaran semu harian matahari dari arah timur ke barat itu

²¹ *Ibid*, hlm, 62.

²² Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005.hlm, 79.

²³ Rinto Anugraha, mengenal-Equation Of Time.file_html, diunduh tanggal 09 April 2012 pukul 10.53 WIB.

tidaklah konstan, kadang-kadang cepat kadang-kadang lambat. Keadaan ini diakibatkan oleh percepatan bumi mengelilingi matahari tidak konstan karena bidang edarnya berbentuk ellips sedangkan matahari berada pada salah satu titik apinya. Suatu saat bumi dekat dengan matahari (*Hadlidl* atau *Perihelium*) yang menyebabkan gaya gravitasi menjadi kuat, sehingga perputaran bumi menjadi cepat yang akibatnya sehari-semalam kurang dari 24 jam. Pada saat lain bumi jauh dengan matahari (*Auj* atau *Aphelium*) yang menyebabkan gaya gravitasi menjadi lemah, sehingga perputaran bumi menjadi lambat yang akibatnya sehari-semalam lebih dari 24 jam.²⁴

Dengan demikian *Equation of Time* adalah jumlah yang harus dikurangkan dari Waktu Hakiki, untuk memperoleh Waktu Pertengahan

$$\text{Equation of Time} = \text{Waktu Hakiki} - \text{Waktu Pertengahan}$$

Dengan persamaan²⁵ Sebagai berikut:

$$\text{Waktu Pertengahan} = \text{Waktu Hakiki} - \text{Equation of Time}$$

Pada saat matahari hakiki mencapai tempatnya di meridian, matahari pertengahan masih di sebelah timur meridian. Dalam keadaan demikian, Waktu Hakiki menunjukkan pukul 12.00, tetapi menurut Waktu Pertengahan hari belum menunjukkan pukul 12.00, melainkan misalnya pukul 11.54. perata waktu besarnya $12.00 - 12.06 = -6$ menit.²⁶

²⁴ Lihat Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Teori & Praktek*, hlm. 69. Bandingkan dengan Pedoman Hisab Muhammadiyah, hlm. 57.

²⁵ *Ibid*, hlm.70.

²⁶ Abdur Rachim, *op.cit.* hlm. 48.

Nilai *Equation of Time* pun mengalami perubahan dari waktu ke waktu selama satu tahun. Nilai ini dapat diketahui pada tabel-tabel astronomis, misalnya Ephemeris, Almanak Nautika.²⁷

Perubahan terjadi empat kali setiap tahunnya, yaitu (tahun 1956) : tanggal 12 Pebruari: -14^m20^d , tanggal 15 Mei $+3^m44^d$ tanggal 26 Juli -6^m24^d , dan tanggal 3 November $+16^m23^d$. Pada tanggal 12 Pebruari, matahari berkulminasi pukul 12 - $(-14^m20^d) =$ pukul $12^j14^m20^d$, dan pada tanggal 3 November, pukul 12 - $(+16^m23^d) =$ pukul $11^j43^m37^d$.²⁸ Perata waktu berjumlah 0 pada tanggal 15 April, 14 Juni, 1 September, dan 25 Desember. Pada tanggal-tanggal tersebut, sudut waktu matahari hakiki sama besarnya dengan sudut waktu matahari pertengahan.²⁹

Bisa dikatakan, untuk tanggal-bulan yang sama nilai *Equation of Time* relatif tetap sepanjang tahun. Misalnya, *Equation of Time* selalu mencapai minimum pada sekitar tanggal 11 Februari sebesar sekitar minus 14 menit 17 detik. Jika bergeser pada tahun berikutnya, hanya berkisar satu hingga beberapa detik saja. Mengingat tetapnya nilai *Equation of Time*

²⁷ Almanak-almanak astronomis seperti *The Nautical Almanac* dan *American Ephemeris* selalu memuat saat matahari berkulminasi dalam data harian. Dalam *The American Ephemeris* saat matahari berkulminasi diistilahkan dengan *Ephemeris Transit*. Datanya disediakan dalam satu jam, menit dan detik sampai 2 angka dibelakang koma. Sementara itu, dalam *Almanac Nautika* matahari berkulminasi diistilahkan *Merr Pass* (singkatan Meridian Pass) mempergunakan satuan jam dan menit. Dalam *Almanac Nautika* juga disediakan data perata waktu (*Equation Of Time / Ta'dil al-Waqt*) untuk jam 00 dan jam 12.00 GMT dalam satuan menit dan detik. Untuk memperoleh saat matahari berkulminasi dengan menggunakan perata waktu bisa diberi tanda e yang dapat dirumuskan: Saat Kulminasi = $12^j - e$. Untuk mengetahui data perata waktu dalam *Almanac Nautika* itu bertanda positif atau negatif, perlu dilihat *Mer Pass* nya. Jika *Mer Pass* lebih dari jam 12.00 berarti perata waktu bertanda negatif (-), dan jika *Mer Pass* nya kurang dari jam 12.00 berarti perata waktu bertanda positif (+). Data perata waktu menentukan saat matahari berkulminasi setiap hari berubah, namun dari tahun ke tahun relatif sama. Lihat catatan kaki no 19 Susiknan Azhari dalam *Hisab Awal Waktu Shalat*, Yogyakarta: Modul Pelatihan Hisab Rukyat Majelis Tarjih dan Tajdid PP Muhammadiyah, 2007, hlm. 10.

²⁸ Sayuthi Ali, *Ilmu Falak I*, Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 1997, hlm. 65.

²⁹ Abdur Rachim, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Liberty, 1983, hlm. 41.

untuk tanggal yang sama, maka *Equation of Time* dapat digunakan sebagai parameter untuk menghitung waktu shalat atau untuk menyusun jadwal shalat abadi sepanjang tahun.³⁰

Perata Waktu (PW)/ *Equation of Time* (e) yang membuat jarak antara Waktu Hakiki dengan Waktu Pertengahan dinyatakan positif jika pada pukul 12 WP, Waktu Hakiki menunjukkan pukul 12.00 lebih. Sebagai contoh pukul 12.00 WP, Waktu Hakiki menunjukkan pukul 12.11 berarti perata waktu (e) = +11 menit. Perata Waktu dinyatakan negatif jika pada waktu pukul 12.00 WP, Waktu Hakiki belum menunjukkan pukul 12.00. Sebagai contoh pukul 12 WP, Waktu Hakiki menunjukkan pukul 11.47, berarti perata waktu = -13 menit.³¹

Berangkat dari dua contoh tersebut dapat diterapkan rumus sebagai berikut: $WP=WH-PW$. Artinya Waktu Pertengahan dapat diperoleh dari Waktu Hakiki dikurangi perata waktu.

Contoh:

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Diketahui} \quad WH &= \text{pukul } 12^j 2^m 11^d \text{ GMT} \\
 e &= + 02^m 11^d \text{ ('e' tanggal 27 April 2011)} \\
 WP &= WH - e \\
 &= 12^j 2^m 11^d - (+ 2^m 11^d) \\
 &= 12^j 2^m 11^d - 2^m 11^d \\
 &= \text{pukul 12.00}
 \end{aligned}$$

³⁰<http://www.erasuslim.com/syariah/ilmu-hisab/mengenal-equation-of-time.htm>, diakses pada tanggal 13 April 2010, jam 13.22 WIB.

³¹ Slamet Hambali, *Ilmu Falak*, Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo, 2011, hlm. 94.

2. Diketahui

$$\begin{aligned} \text{WH} &= \text{pukul } 10^j 45^m 00^d \text{ GMT} \\ \text{PW} &= -2^m 53^d \text{ ("e" tanggal 1 April 2010)} \\ \text{WP} &= \text{WH} - \text{PW}^{32} \\ &= 10^j 45^m 00^d - (-2^m 53^d) \\ &= 10^j 45^m 00^d + 2^m 53^d \\ &= \text{pukul } 10^j 47^m 53^d \end{aligned}$$

4. Waktu Bintang

Waktu bintang adalah waktu yang diperlukan bumi berotasi satu putaran atau dapat juga dikatakan sebagai waktu yang diperlukan bintang melewati meridian di suatu tempat ke meridian yang sama lagi.³³

Bumi dalam sistem tata surya selain mengelilingi matahari juga berputar pada sumbunya dengan garis yang menghubungkan kutub utara dan kutub selatan sebagai sumbu putarnya. Hal demikian ini disebut rotasi bumi. Terhadap suatu titik di langit (*vernal equinox*) yang posisinya relatif tetap, bumi memerlukan waktu 23 jam, 56 menit dan 4,09 detik untuk melakukan putaran 360° atau satu hari sideris. Rentang waktu ini sedikit lebih pendek daripada satu hari yang 24 jam. Karena satu putaran *vernal equinox* dari meridian ke meridian lagi didefinisikan sebagai 24 jam sideris maka 1 jam sideris setara dengan perpindahan *vernal equinox* sejauh 15° .

³² Atau dengan simbol lain dirumuskan $\text{LMT} = \text{AST} - e$. LMT (Local mean Time), AST (Apparent Solar Time), e (*Equation Of Time*). Lihat Dimsiki Hadi, *Perbaiki Waktu Shalat dan Arah Kiblatmu!*, Yogyakarta: Madania, 2010, hlm. 22.

³³ http://id.wikipedia.org/wiki/Waktu_Bintang. Diakses tanggal 10 April 2012 pukul 11.00 WIB.

Ketika *vernal equinox* tepat berada di meridian suatu tempat, saat itu Jam Sideris Lokalnya adalah 00:00.³⁴

Periode waktu merupakan dasar dari waktu astronomi, yang dalam hal ini yang diacu sebagai waktu sidereal. Hari sidereal terdiri atas 24 jam sidereal masing-masing terdiri dari 60 menit sidereal yang lamanya juga 60 detik sidereal. Para astronom menggunakan waktu sidereal secara rutin karena bintang-bintang selalu berada di posisi yang sama pada waktu sidereal tertentu.³⁵

5. *Greenwich Mean Time*

Greenwich Mean Time (GMT) atau Waktu Rata-rata Greenwich adalah rujukan waktu internasional yang pada mulanya didasarkan pada waktu matahari di Greenwich. Sistem waktu yang mapan ini mempunyai sejarah panjang yang didukung konvensi internasional dan kajian ilmiah untuk penyempurnaannya. Sampai pertengahan abad 19, masing-masing negara menggunakan sistem jam matahari sendiri dengan menggunakan meridian masing-masing.³⁶

Pembuatan sistem waktu baku antarwilayah sangat diperlukan. Jika tidak, jadwal kereta api bisa kacau ketika memasuki wilayah yang menggunakan sistem waktu berbeda. Hal itu terutama dirasakan oleh jaringan kereta api di Kanada dan Amerika Serikat. Kebutuhan adanya

³⁴ Lihat di http://id.wikipedia.7val.com/wiki/Waktu_sideris diakses tanggal 8 Mei 2012 pukul 11.15 WIB.

³⁵ Robbin Kerrod, *Astronomi*, Jakarta: Erlangga, 2005, hlm. 63.

³⁶ <http://langitselatan.com/2010/08/18/perlukah-menggantikan-gmt-dengan-mecca-mean-time/> diakses 8 Mei 2012 pukul 11.30 WIB.

sistem waktu baku mendorong Sir Sandford Fleming³⁷, seorang teknisi dan perencana perjalanan kereta api Kanada mengusulkan waktu baku internasional pada akhir tahun 1870. Gagasan itu kemudian dimatangkan dalam Konferensi Meridian Internasional di Washington DC pada Oktober 1884 yang dihadiri perwakilan 25 negara.³⁸

Adapun kesepakatan pokok (konvensi) pada konferensi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Bersepakat menggunakan meridian dunia yang tunggal untuk menggantikan banyak meridian yang telah ada.
2. Meridian yang melalui teropong transit di Observatorium Greenwich ditetapkan sebagai meridian nol.
3. Semua garis bujur dihitung ke Timur dan ke Barat dari meridian tersebut sampai 180 derajat.
4. Semua negara menerapkan hari universal.
5. Hari universal adalah hari matahari rata-rata, mulai dari tengah malam di Greenwich dan dihitung 24 jam.
6. Hari nautika dan astronomi di mana pun mulai dari tengah malam.
7. Semua kajian teknis untuk mengatur dan menerapkan sistem desimal pembagian waktu dan ruang akan dilakukan.³⁹

Pada butir ke-2 tidak mendapat kesepakatan bulat. San Domingo menentang. Perancis dan Brazil abstain. Saat ini sistem waktu telah ditetapkan dengan 24 waktu baku, secara umum setiap perbedaan 15° garis bujur, waktunya berbeda 1 jam. Dalam pelaksanaannya, waktu baku

³⁷ Sir Sandford Fleming lahir di Kirkcaldy, Skotlandia 7 Januari 1827, dan pada tahun 1845 saat berusia 17 tahun pindah ke Kanada. Ia merupakan seorang insinyur kereta api pada *Canadian Pacific Railway*. Di antara jasa terbesarnya adalah menemukan Sistem Waktu Standar Universal yang berlaku sekarang sehingga ia dijuluki *Father of Standard Time*. Ia meninggal tahun 1915. Lihat Mary Bellis, "Sir Sandford Fleming (1827-1915)," <http://inventors.about.com/od/fstartinventors/a/SandfordFleming.htm>, diakses 11 April 2012 pukul 12.00 WIB.

³⁸ Austria-Hungaria, Brazil, Chile, Kolombia, Costa Rica, Perancis, Jerman, Inggris, Guatemala, Hawii, Italia, Jepang, Liberia, Meksiko, Belanda, Paraguay, Rusia, San Domingo, Spanyol, Swedia, Swiss, Turki, Amerika Serikat, Venezuela, dan Salvador lihat di http://id.wikipedia.org/wiki/Waktu_Universal. diakses pada tanggal 15 April 2012 pk1 9.30 WIB.

³⁹ *Ibid.* diakses pada tanggal 15 April 2012 pk1 10.00 WIB.

tersebut disesuaikan dengan batas wilayah agar tidak memecah waktu di suatu wilayah. Ada 24 Waktu Daerah yang telah disetujui secara internasional. Dari Royal Observatory di Sussex, Greenwich.⁴⁰

Pada tahun 1928, dalam konferensi astronomi internasional, berdasarkan kajian soal waktu, maka penamaan *Greenwich Mean Time* diubah menjadi *Universal Time* (UT).

Waktu Universal (*Universal Time*) adalah satuan waktu yang didasari oleh rotasi bumi. Satuan ini kelanjutan modern dari *Greenwich Mean Time*, yaitu waktu rata-rata matahari di meridian di Greenwich, Inggris, yang secara lazim dianggap sebagai bujur geografis 00°.⁴¹ *Greenwich Mean Time* merupakan Waktu Pertengahan yang didasarkan kepada garis bujur yang melalui Greenwich (BB/BT) dan digunakan sebagai standar Waktu Dunia Internasional.⁴²

Perbedaan *Greenwich Mean Time* dengan Waktu Pertengahan setempat di luar Greenwich adalah tergantung besar kecilnya Garis Bujur (BB/BT) dan dapat dirumuskan sebagai berikut⁴³:

$$WP_x = GMT + BT, \text{ atau} \quad GMT = WP_x - BT, \text{ atau}$$

$$WP_x = GMT - BB \quad \quad \quad GMT = WP_x + BB$$

Contohnya sebagai berikut:

1. Diketahui BT Semarang = 110° 26'

Pada saat GMT menunjukkan pukul 11.30, maka WP =.....

⁴⁰ Roy Worvill, *Waktu Kalender dan Jam*, Jakarta: Penerbit Mutiara, 1978.

⁴¹ *Opcit.* diakses pada tanggal 15 April 2012 pkl 09.10 WIB.

⁴² http://id.wikipedia.org/wiki/Waktu_Universal. Diakses tanggal 29 April 2012 pukul 12.00 WIB.

⁴³ Slamet Hambali, *Ilmu Falak*, Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo, 2011, hlm. 98.

$$\begin{aligned}
 \text{WP Semarang} &= 11.30 + 110^\circ 26' \\
 &= 11.30 + 7^j 21^m 44^d \\
 &= 18^j 51^m 44^d
 \end{aligned}$$

2. Diketahui BT Semarang = $110^\circ 26'$

Pada saat WP Semarang menunjukkan pukul 19.54, GMT =

$$\begin{aligned}
 \text{GMT} &= 19.54 - 110^\circ 26' \\
 &= 19.54 - 7^j 21^m 44^d \\
 &= 12^j 32^m 16^d
 \end{aligned}$$

Perbedaan antara *Greenwich Mean Time* dengan Waktu Hakiki (WH) di luar Greenwich di samping ditentukan oleh besar kecilnya BT/BB juga dipengaruhi oleh besar kecilnya perata waktu (e). Untuk itu digunakan rumus⁴⁴ sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{GMT} &= \text{WH}_x - \text{PW} - \text{BT}, \text{ atau} & \text{WH}_x &= \text{GMT} + \text{PW} + \text{BT}, \text{ atau} \\
 \text{GMT} &= \text{WH}_x - \text{PW} + \text{BB} & \text{WH}_x &= \text{GMT} + \text{PW} - \text{BT}
 \end{aligned}$$

Contohnya sebagai berikut:

1. Diketahui WH Semarang = pukul 09.00 WIB

$$e = 2^m 13^d \text{ ("e" 26 April 2010 pukul 09.00 WIB).}$$

$$\text{GMT} = \text{.....?}$$

$$\begin{aligned}
 \text{GMT} &= 09.00 - 2^m 13^d - 110^\circ 26' \\
 &= 09.00 - 2^m 13^d - 7^j 21^m 44^d \\
 &= 1^j 36^m 3^d
 \end{aligned}$$

⁴⁴ *Ibid*, hlm. 99.

2. Diketahui GMT menunjukkan pukul $1^j 36^m 3^d$

$$e = 2^m 7^d \text{ ("e" 26 April 2010 pukul } 1^j 36^m 3^d \text{ GMT).}$$

WH Semarang =?

$$\begin{aligned} \text{WH Semarang} &= 1^j 36^m 3^d + (- 2^m 7^d) + 110^\circ 26' \\ &= 1^j 36^m 3^d - 2^m 7^d + 7^j 21^m 44^d \\ &= 8^j 55^m 40^d \end{aligned}$$

6. Waktu Daerah

Waktu Daerah adalah waktu yang diberlakukan untuk satu wilayah bujur tempat (meridian) tertentu, sehingga dalam satu wilayah bujur hanya berlaku satu waktu *daerah*. Oleh karena itu, daerah dalam satu wilayah ini disebut Daerah Kesatuan Waktu.⁴⁵

Waktu yang sesuai dengan satu wilayah bujur ini dibuat untuk mempermudah umat manusia zaman *sekarang*. Jika dalam perjalanan jarak agak jauh orang berpegang kepada pemakaian waktu-waktu setempat akan timbul kesulitan oleh karena jam yang dibawa dalam perjalanan setiap kali harus disesuaikan dengan jam di tempat yang dilalui.

Pembagian wilayah daerah kesatuan waktu pada dasarnya berdasarkan pada kelipatan bujur tempat 15° ($360^\circ:24 \text{ jam} \times 1^\circ$) yang dihitung mulai bujur tempat yang melewati kota Greenwich yakni pada bujur 0° .

⁴⁵ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana pustaka, 2004, hlm. 69.

Berdasarkan Kep.Pres RI No. 41 Tahun 1987 dan berlaku mulai 1 Januari 1988 jam 00.00 WIB.⁴⁶ Wilayah Indonesia terbagi atas tiga daerah waktu, yaitu:



Gambar 01

Tabel Wilayah Waktu

| Wilayah Waktu | Waktu Tolok | Bujur Tolok |
|---|--------------|-------------|
| Indonesia Barat meliputi : Daerah Tingkat I di Sumatra, Jawa dan Madura, Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah | GMT + 07 jam | 105 ° BT |
| Indonesia Tengah meliputi : Daerah Tingkat I di Kalimantan Timur, Kalimantan Selatan, Sulawesi, Bali dan Nusa Tenggara | GMT + 08 jam | 120 ° BT |
| Indonesia Timur meliputi : Daerah Tingkat I di Maluku dan Irian Jaya | GMT + 09 jam | 135 ° BT |

Sumber gambar 01 dan tabel wilayah waktu: Sunarjo dan Sukanto, *Riwayat Waktu di Indonesia dan Perkembangannya*, Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika Bidang Geofisika Potensial dan Tanda Waktu, 2007.

Menggunakan Waktu Daerah seperti ini, persoalan perbedaan waktu antar kota dapat teratasi dengan mudah. Jika sekarang jam 12 WIB, maka semua kota yang *masuk* ke dalam Waktu Daerah adalah sama. Contohnya

⁴⁶ Sunarjo dan Sukanto, *Riwayat Waktu di Indonesia dan Perkembangannya*, (Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika Bidang Geofisika Potensial dan Tanda Waktu, 2007), hlm. 81.

waktu daerah di Semarang, Bandung, ataupun Surabaya adalah sama, karena sebagai acuannya adalah bujur tempat (meridian) 105° (bukan bujur tempat masing-masing kota).

D. Pembagian Waktu Berdasarkan Sistem Waktu *Greenwich Mean Time*.

Sistem waktu *Greenwich Mean Time* membagi waktu yang ada di belahan negara lainnya disebut Waktu Standar Lokal atau dalam istilah Inggris disebut *Local Standart Time*. Dalam sistem ini permukaan bumi dibagi menjadi 24 kawasan waktu atau *time zone*, dengan kawasan waktu barat dan kawasan waktu timur. Berdasarkan kesepakatan internasional pada Oktober 1884 M/1302 H bahwa meridian yang melewati Greenwich ini dijadikan sebagai meridian dasar (bujur 0°). Meridian atau bujur yang berada di sebelah timur Greenwich disebut Bujur Timur, sedangkan bujur yang berada di sebelah barat Greenwich disebut Bujur Barat.⁴⁷

Setiap kawasan waktu dibatasi oleh dua garis bujur yang berselisih 15° . WIB misalnya, dibatasi oleh garis bujur timur 97.5° BT dan 112.5° BT. Garis bujur tepat di tengah antara kedua garis batas ini disebut Meridian Standar (*Standart Meridian*). Jadi untuk bujur timur 97.5° BT dan 112.5° BT, maka Meridian standarnya adalah 105° .⁴⁸

Sebagai contoh sistem waktu di Indonesia yang dibagi menjadi tiga yaitu Waktu Indonesia Barat (WIB), Waktu Indonesia Tengah (WITA), dan Waktu Indonesia Timur (WIT), disebut waktu standar lokal dalam bahasa

⁴⁷ Susiknan Azhari, *op.cit*, hlm. 73.

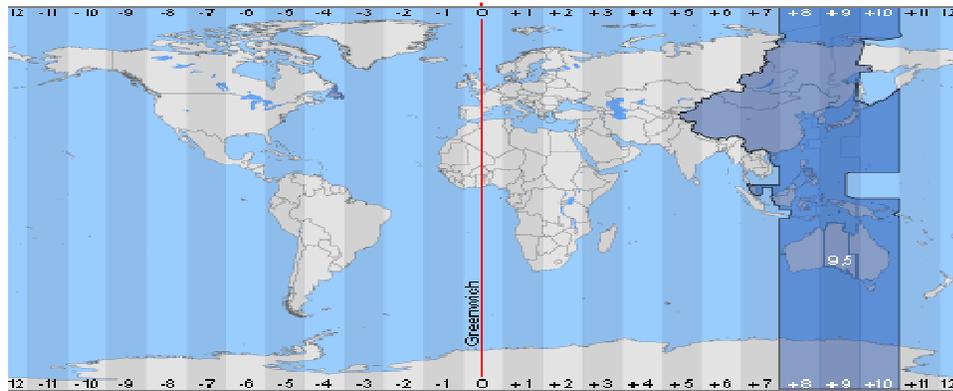
⁴⁸ M Dimsiki Hadi, *op.cit*, hlm. 29.

Inggris disebut dengan *Local Standart Time* (LST). Garis bujur tepat di tengah antara kedua garis batas ini disebut Meridian Standar (*Standart Meridian*). WIB dibatasi oleh garis bujur timur (BT) 97.5° dan 112.5° dengan meridian standarnya 105° , untuk WITA dibatasi oleh garis bujur 112.5 BT dan 127.5 BT dengan meridian standar 120° BT. WIT antara bujur 127.5° dan 142.5° dengan meridian standar 135° . Meridian standar yang berurutan berselisih 15° , dimulai dari 0° yaitu meridian standar yang melalui kota Greenwich di Inggris. Kawasan waktu yang terkait tersebut disebut *Greenwich Mean Time*. Fungsi yang penting dari meridian standar pada setiap kawasan waktu adalah untuk menentukan hubungan waktu antara satu kawasan dengan kawasan lain.

Di suatu zona waktu, semua tempat mempunyai waktu yang sama, walaupun lokasinya berbeda. Kota yang masih terletak dalam satu kawasan waktu menunjukkan waktu yang sama namun kedudukan matahari tidak sama. Kulminasi antar satu kota yang masih dalam kawasan waktu juga berbeda. Jadi sistem dalam sistem *Local Standart Time*, jam yang sama untuk tempat-tempat yang berbeda umumnya tidak menunjukkan kedudukan matahari yang sama. Oleh karena itu, untuk menentukan kedudukan atau ketinggian matahari pada suatu saat di suatu tempat, sistem waktu *Local Standart Time* tidak dapat diaplikasikan secara langsung. Dalam problematika ini harus menggunakan sistem waktu yang lain, yaitu sistem waktu matahari hakiki yang dalam bahasa Inggris disebut *Apparent Solar Time* atau waktu matahari mutlak atau *Absolute Solar Time*.⁴⁹

⁴⁹ *Ibid*, hlm. 30.

Dari gambar peta dunia ini terlihat bahwa adanya pembagian waktu yang dibagi dari -12 Greenwich Mean Time atau disebut Bujur Barat sampai +12 Greenwich Mean Time atau Bujur Timur.



Gambar 02
Sumber : wikipedia.org

Berikut pembagian waktu di berbagai belahan dunia yang dibandingkan dengan waktu pukul 12.00 tengah hari *Greenwich Mean Time*.⁵⁰

| Kota | Waktu | Kota | Waktu |
|--------------|--------------|----------------|--------------|
| Auckland | 24.00 | Kuala Lumpur | 20.00 |
| Athena | 14.00 | Montreal | 07.00 |
| Bangkok | 19.00 | Moscow | 15.00 |
| Barcelona | 13.00 | Munich | 13.00 |
| Beijing | 20.00 | New York | 07.00 |
| Berlin | 13.00 | Paris | 13.00 |
| Boston | 07.00 | Rio de Janeiro | 09.00 |
| Buenos Aires | 09.00 | Roma | 13.00 |
| Cairo | 14.00 | Sydney | 22.00 |
| Calcutta | 17.30 | Tel Aviv | 14.00 |
| Dubai | 16.00 | Tokyo | 21.00 |
| Hongkong | 20.00 | Vancouver | 04.00 |
| Johannesburg | 14.00 | Washington DC | 07.00 |

Tabel 02
Sumber : wikipedia.org

⁵⁰ http://id.wikipedia.org/wiki/Waktu_Universal. diakses pada tanggal 16 April 2012 pkl 13.45 WIB.