

AKURASI JAM MATAHARI SEBAGAI PENUNJUK WAKTU HAKIKI

(Studi Kasus di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Jakarta)

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Tugas dan Melengkapi Syarat

Guna Memperoleh Gelar Sarjana Strata 1 (S. 1)

dalam Ilmu Syari'ah



Oleh :

AHMAD AUFAL MAROM
N I M . 1 1 2 1 1 1 0 4 9

PROGRAM STUDI ILMU FALAK

FAKULTAS SYARI'AH DAN HUKUM

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG

2015

Drs. Sahidin, M.Si

Jl. Merdeka Utara I/B.9 Ngaliyan, Semarang

Drs. H. Slamet Hambali, MSI

Jl. Candi Permata II/180 Semarang

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Lamp : 4 (empat) eks.

Hal : Naskah Skripsi

An. Ahmad Aufal Marom

Kepada Yth.

Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum

UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum. Wr.Wb

Setelah saya mengoreksi dan mengadakan perbaikan seperlunya, bersama ini saya kirim naskah skripsi saudara:

Nama : Ahmad Aufal Marom

NIM : 1121110549

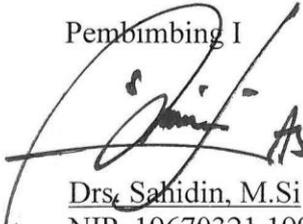
Jurusan : Ilmu Falak

Judul : **AKURASI JAM MATAHARI SEBAGAI PENUNJUK
WAKTU HAKIKI (Studi Kasus di Kementerian Pekerjaan
Umum dan Perumahan Rakyat Jakarta)**

Dengan ini saya mohon kiranya skripsi saudara tersebut dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum. Wr.Wb

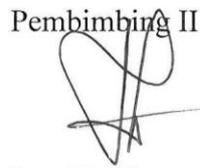
Pembimbing I



Drs. Sahidin, M.Si
NIP. 19670321 199303 1 005

Semarang, 16 Desember 2015

Pembimbing II



Drs. H. Slamet Hambali, MSI
NIP : 19540805 198003 1 004



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SYARI'AH DAN HUKUM

Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus III Ngaliyan Telp/Fax. (024) 7601291 Semarang 50185

PENGESAHAN

Nama : Ahmad Aufal Marom
NIM : 112111049
Jurusan : Ilmu Falak
Judul : **AKURASI JAM MATAHARI SEBAGAI PENUNJUK WAKTU
HAKIKI (Studi Kasus di Kementerian Pekerjaan Umum dan
Perumahan Rakyat Jakarta)**

Telah dimunaqasyahkan oleh Dewan Penguji Fakultas Syari'ah Dan Hukum
Universitas Islam Negeri Walisongo, pada tanggal:

18 Desember 2015

Dan dapat diterima sebagai kelengkapan ujian akhir dalam rangka menyelesaikan
studi Program Sarjana Strata I (S.1) tahun akademik 2015/2016 guna memperoleh
gelar Sarjana dalam Ilmu Syari'ah.

Semarang, 18 Desember 2015

Dewan Penguji

Ketua Sidang

Drs. H. Maksun, M.Ag.
NIP. 19680515 199303 1 002

Sekretaris Sidang

Drs. Sahidin, M.Si.
NIP. 19670321 199303 1 005

Penguji I

Dr. H. Ahmad Izzuddin, M. Ag.
NIP. 19720512 199903 1 003

Penguji II

Dr. H. Akhmad Arif Junaidi, M. Ag.
NIP. 19701208 199603 1 002

Pembimbing I

Drs. Sahidin, M.Si.
NIP. 19670321 199303 1 005

Pembimbing II

Drs. H. Slamet Hambali, MSI
NIP. 19540805 198003 1 004



MOTTO

وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا ذَلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ

Dan matahari berjalan ditempat peredarannya.

Demikianlah ketetapan yang Maha Perkasa lagi Maha mengetahui.

(Yaasiin: 38)¹

¹ Departemen Agama Republik Indonesia, Al-Qur'an Dan Terjemahannya, Bandung: CV Penerbit Diponegoro, 2007, cet. V, hal. 631

PERSEMBAHAN

Skripsi ini

Saya persembahkan untuk :

Muhammad Dhofir Shodiq, Seorang ayah yang sangat kuhormati dan kusegani, teladan bagi putra-putranya untuk senantiasa berdoa dan hidup sederhana

Mahmudah, Seorang perempuan yang tiada henti mencurahkan sayang & cintanya pada putra-putranya. kebahagiaan terbaik adalah tertakdir menjadi anakmu, Ibu

Muhammad Fikri Taufiqurrohman & Ahmad Zamzamy Yakfi Bini'amillah, Adik-adikku yang semoga mempunyai semangat belajar dan pencapaian yang lebih baik dari kakaknya.

DEKLARASI

Dengan penuh kejujuran dan tanggung jawab, penulis menyatakan bahwa skripsi ini tidak berisi materi yang pernah ditulis oleh orang lain atau diterbitkan. Demikian juga skripsi ini tidak berisi satupun pemikiran-pemikiran orang lain kecuali informasi yang terdapat dalam referensi yang dijadikan bahan rujukan.

Semarang, 16 Desember 2015

Deklarator,



6000
ENAM RIBURUPIAH

mad Aufal Marom
NIM. 112111049

PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB-LATIN²

A. Konsonan Tunggal

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Keterangan
ا	alif	tidak dilambangkan	tidak dilambangkan
ب	ba'	B	-
ت	ta	T	-
ث	sa	S	(dengan titik di atas)
ج	jim	J	-
ح	ha	H	h (dengan titik di bawah)
خ	kha	Kh	-
د	dal	D	-
ذ	zal	Z	z (dengan titik di atas)
ر	ra	r	-
ز	za	z	-
س	sin	s	-
ش	syin	sy	-
ص	sad	s	s (dengan titik di bawah)
ض	dad	d	d (dengan titik di bawah)
ط	ta	t	t (dengan titik di bawah)
ظ	za	z	z (dengan titik di bawah)
ع	'ain	'	koma terbalik ke atas

²Sesuai dengan SKB Menteri Agama, Menteri Pendidikan dan Menteri Kebudayaan RI No. 158/1987 dan No. 0543 b/U/1987 Tertanggal 22 Januari 1988

غ	gain	g	-
ف	fa	f	-
ق	qaf	q	-
ك	kaf	k	-
ل	lam	l	-
م	mim	m	-
ن	nun	n	-
و	wawu	w	-
ه	ha	h	-
ء	hamzah	‘	apostrof
ي	ya’	Y	-

B. Konsonan Rangkap

Konsonan rangkap, termasuk tanda *syaddah*, ditulis rangkap, contoh :

أحمدية ditulis *Ahmadiyyah*.

C. Ta’ Marbutah di Akhir Kata

1. Bila dimatikan ditulis *h*, kecuali untuk kata-kata Arab yang sudah terserap menjadi Bahasa Indonesia, seperti *salat*, *zakat* dan sebagainya.

جماعة ditulis *jama’ah*.

2. Bila dihidupkan ditulis *t*, contoh:

كرامة الاولياء’ ditulis *karamatul-auliya’*.

D. Vokal Pendek

Fathah ditulis *a*, kasrah ditulis *i*, dan dammah ditulis *u*.

E. Vokal Panjang

a panjang ditulis a, i panjang ditulis i dan u panjang ditulis u, masing-masing dengan tanda hubung (-) di atasnya.

F. Vokal Rangkap

1. Fathah + ya' mati ditulis ai, contoh:

بينكم ditulis *bainakum*

2. Fathah + wawu mati ditulis au, contoh:

قول ditulis *qaul*

G. Vokal-vokal pendek yang berurutan dalam satu kata dipisahkan dengan sprostrof (').

أنتم ditulis *a'antum*.

مؤنث ditulis *mu'annas*.

H. Kata Sandang Alif + Lam

1. Bila diikuti huruf *Qamariyah* ditulis al-. Contoh: القرآن ditulis Al-Qur'an.

2. Bila mengikuti huruf *Syamsiyah*, huruf i diganti dengan huruf *Syamsiyah* yang mengikutinya. Contoh: الشيعة ditulis *as-Syi'ah*.

I. Huruf Besar

Penulisan huruf besar disesuaikan dengan EYD

J. Kata dalam Rangkaian Frasa dan Kalimat

1. Ditulis kata per kata, contoh:

ذوى ال فروض ditulis *zawi al-furud*.

2. Ditulis menurut bunyi atau pengucapannya dalam rangkaian tersebut,
contoh:

شيخ الاسلام ditulis *Syaikh al-Islam* atau *Syaikhul –Islam*.

ABSTRAK

Jam Matahari adalah alat penunjuk waktu yang menggunakan bayangan pergerakan semu Matahari yang dihasilkan oleh gnomon jatuh pada garis jam pada bidang dial yang menunjukkan momen suatu waktu. Eksistensi jam Matahari di Indonesia salah satunya ada di komplek gedung Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) yang merupakan salah satu *benchmark* bangunan yang bertemakan lingkungan hijau. Sebagai penunjuk waktu, maka fungsi utama dari jam Matahari ini harus berjalan dengan baik sebagaimana seharusnya, yaitu menunjukkan waktu hakiki (waktu Matahari) yang berbeda dengan waktu rata-rata pada jam standar/sipil yang umum digunakan sekarang. Untuk memenuhi fungsi utama tersebut, maka jam Matahari harus sesuai dengan ketentuan bakunya, baik pengaturan bidang dial, gnomon dan posisinya terhadap sumbu Bumi.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis melakukan penelitian tentang latar belakang dan tujuan dari pembangunan jam Matahari Kementerian PUPR, serta teori yang digunakan dalam pembangunannya dan kesesuaiannya dengan ketentuan bakunya. Setelah itu, penulis juga meneliti tingkat akurasi yang dimiliki oleh jam Matahari tersebut sebagai alat penunjuk waktu hakiki.

Jenis penelitian ini adalah termasuk dalam penelitian kualitatif dengan kajian penelitian yang bersifat lapangan (*field research*). Data primer penelitian ini adalah data hasil observasi langsung di lapangan yang didukung oleh data-data hasil wawancara dengan pihak yang bersangkutan dalam pembangunan bangunan jam Matahari tersebut. Dengan begitu, dapat diketahui fakta-fakta dan prinsip-prinsip jam Matahari tersebut. Selanjutnya ialah melakukan verifikasi data yang diperoleh dari lapangan dengan menggunakan data yang diperoleh dari Software WinHisab guna mengetahui kesesuaian antara kedua data tersebut dan mengetahui keakuratan dari jam Matahari tersebut. Selain itu juga penulis menggunakan metode dokumentasi yaitu dengan cara mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan jam Matahari dan konsep waktu dari dokumen-dokumen baik yang berupa buku, makalah, maupun website di internet.

Dari hasil penelitian tersebut diperoleh bahwa jam Matahari Kementerian PUPR dibangun dengan tujuan untuk pengingat akan berharganya waktu yang dengan itu menjadi pemacu/motivasi kinerja para pegawai yang bekerja di lingkungan Kementerian PUPR. Selain itu, penempatan jam Matahari di dekat masjid menjadikan jam matahari ini juga dapat berfungsi sebagai acuan waktu shalat yang penentuannya berdasarkan pada waktu hakiki. Namun, ditemukan pula hasil bahwa ada ketidaksesuaian antara fisik bangunan jam Matahari ini dengan ketentuan baku jam Matahari. Ketidaksesuaian ini merupakan faktor penyebab ketidakakuratan jam Matahari ini di mana waktu yang ditunjukkannya memiliki selisih dengan waktu hakiki.

Kata Kunci : *sundial*, jam Matahari, akurasi, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

KATA PENGANTAR



Syukur *Alhamdulillah* penulis haturkan ke hadirat Allah Swt, Tuhan bagi seluruh alam, tiada daya dan tiada kekuatan kecuali dengan pertolongan-Nya termasuk dengan selesainya penyusunan skripsi dengan berjudul “*Akurasi Jam Matahari sebagai Penunjuk Waktu Hakiki (Studi Kasus di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Jakarta)*.” Shalawat dan salam selalu terhaturkan kepada Baginda Rasulillah Nabi Muhammad Saw. Pembawa kabar gembira berupa cahaya Islam dan iman. Juga kepada para sahabat, tabiin, tabiit tabiinin, alim ulama’ serta kepada para generasi pencerah kehidupan, penuntun jalan kemaslahatan.

Skripsi ini selesai tidak semata-mata atas usaha penulis sendiri. Banyak campur tangan dari berbagai pihak yang sangat membantu penulis, baik materiil maupun spiritual. Oleh karenanya penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sedalam-dalamnya kepada :

1. Kedua orangtua penulis serta segenap keluarga atas do’a, nasehat serta curahan rasa cinta yang selalu memberikan suntikan semangat.
2. Kementerian Agama RI dalam hal ini Direktorat Pendidikan Diniyah dan Pondok Pesantren yang telah membiayai penulis selama menempuh masa studi selama empat tahun.

3. Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang serta jajaran wakil dekan dan staf yang telah memberikan fasilitas perkuliahan hingga akhir studi penulis.
4. Drs. Sahidin, M.Si dan Drs. KH. Slamet Hambali, MSI. selaku pembimbing dalam penulisan skripsi ini yang selalu sabar meluangkan waktu, mengarahkan serta memberikan saran-saran konstruktif selama penulisan skripsi ini hingga selesai.
5. Drs. H. Maksun, M.Ag. selaku Ketua Program Studi Ilmu Falak, beserta seluruh jajarannya dalam kepengurusan Prodi Ilmu Falak, yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dan ilmu kepada penulis serta menjadi pendorong untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
6. Drs. H. Eman Sulaeman, MH, dan Dr. H. Imam Yahya, M.Ag. selaku Dosen Wali penulis selama masa studi di UIN Walisongo yang selalu memberikan masukan dan bimbingan dalam proses perkuliahan.
7. SNVT Pengembangan, Pengendalian dan Pelaksanaan Pekerjaan Strategis Bidang PUPR Lainnya, Sekretariat Jenderal Kementerian PUPR yang telah memberi izin dan keleluasaan kepada penulis untuk meneliti jam Matahari di lingkungannya. Terkhusus Bapak Aristono yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan data dan wawancara kepada penulis dan Ibu Kartika yang telah banyak direpotkan penulis selama proses penelitian.
8. Bapak Hendro Setyanto, selaku konseptor jam Matahari Kementerian PUPR yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan penjelasan dalam wawancara dengan penulis.

9. Keluarga besar YPMI Pondok Pesantren Al-Firdaus Semarang, khususnya Drs. KH. Ali Munir beserta jajaran *asatidz* yang telah mengasuh penulis sebagai santri secara ikhlas dan sabar.
10. Keluarga Besar Pondok Pesantren Manbaul Hikam Sidoarjo, terkhusus Romo Kyai Haji Khozin Mansur beserta keluarga dan keturunannya, yang telah membimbing, mengarahkan penulis sebagai santri agar menjadi pribadi yang berilmu tinggi dan berakhlaqul Karimah.
11. “FOREVER”. Keluarga terdekat penulis di Semarang yang selalu memberikan canda, tawa, dan menghapus kesedihan serta yang pasti, selalu berbagi ilmu selama kuliah serta ilmu kehidupan. Mereka adalah Abdul Hadi Hidayatullah (Situbondo), Acum Uweng (Ambon), Ahmad Sholahuddin Al-Ayubi (Banyumas), Ahmad Syarif Muthohar (Klaten), Andi Maulana (Brebes), Anik Zakariyah (Lamongan), Dede Imas Masruroh (Pandeglang), Erik Mahendra (Pati), Evi Maela Shofa (Pati), Fatikhatul Fauziah (Purbalingga), Fidia Nurul Maulidah (Lamongan), Firdos (Tegal), Hanik Maridah (Sragen), Ichsan Rizki Zulpratama (Depok), Lisa Fitriani (Buleleng, Bali), Luayyin (Rembang), Ma'ruf (Banyumas), M. Ihtirozun Ni'am (Tuban), Muhammad Najib (Pati), Muhammad Syaifudin (Kudus), Muhammad Saleh Sofyan (Praya Tengah, Lombok), Muhammad Shobaruddin (Pati), Nafidatus Syafaah alm.(Kendal), Nofretari (Demak), Nursodik (Indramayu), Nurul Isnaeni (Kebumen), Suwandi (Jepara), Usman Akhmadi (Purbalingga), Zabidah Fillinah (Lamongan), Moelki Fahmi Ard. (Lampung), Ahmad Rif'an Ulin N. (Pati), Dessy Amanatus S. (Banjarnegara) dan Laili Irfiyani (Kendal).

12. Keluarga Besar CSS MoRA UIN Walisongo, tempat penulis bergabung dalam kebersamaan, pengabdian dan berkreasi.

13. Semua pihak yang membantu, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Hanya Allah yang dapat membalas semuanya dengan sepadan. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca pada umumnya.

Semarang, 17 Desember 2015
Penulis,

Ahmad Aufal Marom

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN DEKLARASI	vi
HALAMAN PEDOMAN TRANSLITERASI	vii
HALAMAN ABSTRAK	xi
HALAMAN KATA PENGANTAR	xii
HALAMAN DAFTAR ISI	xvi
 BAB I : PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian.....	6
D. Telaah Pustaka.....	7
E. Metodologi Penelitian.....	10
F. Sistematika Penulisan	13

BAB II : KONSEP UMUM WAKTU DAN JAM MATAHARI

A. Konsep Pergerakan Bumi-Matahari	15
1. Matahari	15
2. Bumi	19
B. Konsep Waktu	28
1. Hari sebagai Unit Dasar Waktu	28
2. Macam-Macam Waktu	30
C. Jam Matahari	37
1. Sejarah Jam Matahari	37
2. Prinsip Umum Jam Matahari	46
3. Macam-macam Jam Matahari	49
a. Jam Matahari Ekuatorial	49
b. Jam Matahari Horisontal	51
c. Jam Matahari Vertikal	54

BAB III : JAM MATAHARI DI KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT

A. Sekilas tentang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	55
B. Sejarah dan Latar Belakang Jam Matahari di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	58
C. Fisik Jam Matahari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	63

**BAB IV : ANALISIS TUJUAN DAN TEORI PEMBANGUNAN SERTA
TINGKAT AKURASI JAM MATAHARI KEMENTERIAN
PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT**

A. Analisis Tujuan Pembangunan Jam Matahari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	66
B. Analisis Teori Pembangunan Jam Matahari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	71
C. Analisis Tingkat Akurasi Jam Matahari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	75

BAB V : PENUTUP

A. Kesimpulan	85
B. Saran	87
C. Penutup	88

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT PENDIDIKAN PENULIS

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanpa disadari, manusia di Bumi selalu berjalan dengan putaran waktu yang sesuai dengan perputaran Bumi dalam sistem tata surya.¹ Ketentuan Allah mengenai dasar penentuan waktu termaktub dalam Al-Qur'an surat Yunus ayat 5 sebagai berikut:

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ
السِّنِينَ وَالْحِسَابَ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ

*Dia-lah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya manzilah-manzilah (tempat-tempat) bagi perjalanan bulan itu, supaya kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui.*²

Perputaran Bumi pada porosnya dengan arah gerakan dari barat ke timur (rotasi Bumi) mengakibatkan gerak semu harian Matahari dimana seakan-akan perjalanan Matahari adalah terbit dari timur bergerak menuju barat.³ Hal ini menyebabkan daerah sebelah timur akan menjumpai siang terlebih dahulu, dibanding daerah barat. Perbedaan ini menyebabkan adanya perbedaan waktu di setiap bagian Bumi.

¹ Slamet Hambali, *Almanak Sepanjang Masa*, Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011, hal. 1

² Departemen Agama Republik Indonesia, *Al-Qur'an Dan Terjemahannya*, Bandung: CV Penerbit Diponegoro, 2007, cet. V, hal. 208

³ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak: Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, Semarang, Bismillah Publisher, 2012, hal. 213

Waktu yang manusia pergunakan sehari-hari sebenarnya adalah didasarkan pada perjalanan harian matahari tersebut. Jika matahari terbit, maka dikatakan bahwa hari pukul 06, jika matahari berkulminasi atas, maka hari pukul 12, jika matahari terbenam, maka hari pukul 18 dan seterusnya.⁴ Waktu yang berdasarkan pada perjalanan matahari hakiki (sebenarnya) ini disebut dengan waktu hakiki.⁵ Karena pergerakan matahari hakiki yang tidak tetap, artinya kadang-kadang lebih cepat atau lebih lambat, maka diciptakan sebagai bandingannya sebuah perjalanan matahari khayalan yang dibuat dengan rata-rata, dengan pengertian bahwa masa diantara dua kali kedudukannya yang sama. Matahari khayalan ini dinamakan matahari pertengahan yang disebut dengan waktu pertengahan atau waktu wasathy.⁶

Alat pengukuran waktu memiliki sejarah panjang untuk pada akhirnya sampai pada zaman digital sekarang ini. Pergantian siang dan malam telah membagi waktu aktivitas kehidupan sehari-hari manusia dimana siang untuk bekerja dan malam untuk istirahat. Aktivitas manusia yang semakin kompleks membuat mereka berpikir bahwa tak cukup hanya membagi hari dalam siang dan malam, sehingga mereka mulai membagi waktu berdasarkan pergerakan posisi matahari yang mereka lihat setiap hari, yaitu naik dari tempat terbit di kaki langit, bergerak hingga sampai tepat di puncak kepala lalu bergeser turun

⁴ Abd. Rachim, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Liberty, 1983, hal. 41

⁵ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1: Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia*, Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011, hal. 81

⁶ *Ibid*, hal. 42

kembali ke kaki langit di tempat terbenam. Maka terciptalah sundial⁷, sebuah alat untuk menentukan acuan waktu yang tepat dan spesifik untuk menentukan rutinitas harian mereka dengan bantuan posisi matahari.⁸ Sundial tertua ditemukan di daerah Mesir diperkirakan dibuat sekitar tahun 1500 SM digunakan oleh Thutmosis III.⁹

Meskipun dasar utama perhitungan waktu adalah pengamatan angkasa, ada juga percobaan yang menggunakan alat non-astronomi untuk menjadi acuan waktu. Diantaranya adalah jam air dan jam pasir. Sampai pada sekitar abad ke-14 tercipta jam mekanik dan jam elektronik yang telah mengikuti pergerakan rata-rata harian matahari (waktu pertengahan).¹⁰ Jam inilah yang dalam perkembangannya menjelma menjadi jam modern yang digunakan sampai saat ini.

Meskipun keberadaan jam matahari kini mulai tersisihkan oleh jam modern, namun jam matahari masih diperlukan, semisal untuk penentuan waktu-waktu ibadah. Ibadah shalat adalah ibadah yang telah ditentukan waktunya. Untuk mengetahui masuknya waktu shalat tersebut Allah telah mengutus malaikat Jibril untuk memberikan arahan kepada Rasulullah Saw. tentang waktu-waktu shalat tersebut dengan acuan posisi matahari dan fenomena cahaya langit yang notabene juga disebabkan oleh pancaran sinar

⁷ Jam atau waktu Matahari, dalam bahasa arab disebut as-Sa'ah asy-Syamsiyah atau mizwala Lihat dalam Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2005, hal. 198

⁸ Sejarah Perkembangan Jam dari Zaman ke zaman”, menujuhijau.blogspot.com, diakses dari <http://menujuhijau.blogspot.co.id/2012/02/sejarah-perkembangan-jam-dari-zaman-ke.html> pada 29 Maret 2015 pukul 15.30

⁹ Rene R. J. Rohr, *Sundial: History Theory and Practice*, New York: Dover Publications, 1996, hal. 5

¹⁰ Mohammad Ilyas, *Astronomy of Islamic Times for The Twenty-first Century*, Kuala Lumpur: AS Noordeen, 1999, hal. 24

matahari. Jadi sebenarnya dasar dari penentuan masuknya awal waktu sholat adalah dengan melihat matahari.¹¹ Maka dengan Sundial (jam matahari) dapat secara langsung membantu mengetahui waktu hakiki yang menunjukkan posisi matahari sebenarnya yang menjadi acuan waktu-waktu shalat tersebut.

Jam Matahari kini banyak dibangun tersebar di seluruh dunia dengan berbagai desain dan bentuk. Beberapa diantaranya adalah jam matahari dengan desain kubus di Crockerton, Wiltshire.¹² Jam matahari ini merupakan gabungan dari dial horizontal di bagian atas dan dial vertikal di sisi-sisi sampingnya. Jam matahari lainnya adalah dial ekuatorial di Chicago yang menghadap ke danau Michigan, berada di depan Adler Planetarium. Di Prancis, tepatnya di *Cap Ferrat*, banyak villa mewah yang dindingnya dibangun bersama dial vertikal.¹³ Situs jam matahari yang ada di Indonesia, salah satunya terdapat di depan gedung Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) yang berada di Jalan Pattimura No. 20, Kebayoran, Jakarta Selatan. Pembangunan jam matahari tersebut merupakan salah satu dari program perencanaan *Green Site* Kampus Kementerian Pekerjaan Umum dan Gedung Utama Kementerian Pekerjaan Umum. Hal penting dari dibangunnya gedung ini adalah bagaimana efektifitasnya terhadap penggunaan listrik dan air, juga sumber daya yang lainnya.

¹¹ Ahmad Musonnif, *Ilmu Falak: Metode Hisab Awal Waktu Sholat, Arah Kiblat Hisab Urfi dan hisab Hakiki Awal Bulan*, Yogyakarta : Teras, 2011, Hal. 58

¹² "New Sundials," Sundial on the Internet, diakses dari <http://www.sundials.co.uk/newdials.htm> pada 27 Desember 2015 pukul 14.15

¹³ "Sundials from around the World," diakses dari <http://www.shadowspro.com/en/world-sundials.html> pada 27 Desember 2015 pukul 14.20



Sumber: Mizwala.com

Gambar 1
Jam Matahari di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Keberadaan jam matahari sebagai salah satu proyek gedung hijau bagi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat ini menimbulkan pertanyaan bahwa apakah jam matahari itu hanya sebagai monumen atau dapat bekerja secara fungsional sebagaimana mestinya jam matahari, yakni menunjukkan waktu hakiki. Pertanyaan selanjutnya adalah apakah jam matahari tersebut dapat menunjukkan waktu hakiki secara akurat sebagaimana seharusnya jam matahari secara umum. Adalah faktor-faktor yang mempengaruhi keakurasian jam matahari yang dapat ditinjau dari tata letak gnomon dan bidang dial. Maka dengan berdasarkan kualifikasi tersebut dapat diketahui seberapa teliti akurasi dari jam matahari di Kementerian PUPR ini.

Jika dilihat dari bentuk bidang dial jam matahari Kementerian PUPR ini merupakan jenis jam matahari horizontal. Hal itu diketahui bahwa bidang

dialnya yang diletakkan secara horizontal dan angka penunjuk jam pada jam matahari ini yang masing-masing jarak satu sama lain tidak selalu 15° , berbeda dengan jam matahari ekuatorial yang selisih setiap garis jamnya adalah 15° .

Atas dasar keterangan-keterangan diatas, penulis bermaksud melakukan penelitian tentang “*AKURASI JAM MATAHARI SEBAGAI PENUNJUK WAKTU HAKIKI (Studi Kasus di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Jakarta).*”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka permasalahan yang dikaji dalam skripsi ini adalah:

1. Apa yang melatarbelakangi pembangunan Jam Matahari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR)?
2. Bagaimana teori yang digunakan untuk membuat Jam Matahari di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR)?
3. Bagaimanakah tingkat akurasi Jam Matahari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) sebagai penunjuk waktu hakiki ?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian dalam skripsi ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui latar belakang pembangunan Jam Matahari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR).
2. Mengetahui teori yang digunakan untuk membuat Jam Matahari di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR).

3. Mengetahui tingkat akurasi Jam Matahari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) sebagai penunjuk waktu hakiki.

D. Telaah Pustaka

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang relevan berkaitan dengan pembahasan penelitian ini, yaitu tentang jam matahari antara lain:

1. Skripsi Tamhid Amri, sarjana Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang tahun 2013 yang berjudul "*Jam Matahari sebagai Penunjuk Waktu hakiki, Akurasi Jam Matahari di Kotabaru Parahyangan Padalarang Jawa Barat.*"¹⁴ Dalam Skripsi ini, penulis melakukan analisis terkait fungsi-fungsi lain jam matahari Kotabaru Parahyangan Padalarang Jawa Barat beserta tingkat akurasinya. Dalam penelitian ini ditemukan bahwa selain sebagai penunjuk waktu hakiki, jam matahari ini juga berfungsi sebagai penunjuk waktu shalat, penanda pergantian musim dan penunjuk arah kiblat. Pengujian tingkat akurasi terhadap jam matahari ini, dilakukan penulis dengan melakukan verifikasi data dilapangan dengan software Winhisab sebagai koreksi.
2. Skripsi Tri Hasan Bashori, sarjana Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang tahun 2014 yang berjudul "*Akurasi Bencet Masjid Tegalsari Laweyan Surakarta sebagai Petunjuk Waktu Hakiki.*"¹⁵ Dalam skripsi ini, peneliti melakukan penelusuran terkait sejarah jam bencet Masjid Tegalsari Laweyan Surakarta sperti pembuatan, fisik dan kegunaanya.

¹⁴ Tamhid Amri, *Jam Matahari sebagai Penunjuk Waktu hakiki, Akurasi Jam Matahari di Kotabaru Parahyangan Padalarang Jawa Barat*, Skripsi strata I Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo, Semarang, 2013

¹⁵ Tri Hasan Bashori, *Akurasi Bencet Masjid Tegalsari Laweyan Surakarta sebagai Petunjuk Waktu Hakiki*, Skripsi strata I Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo, Semarang, 2014

Hasil dari penelusuran tersebut adalah jam bencet ini merupakan salah satu bencet tertua di Indonesia. Peneliti juga melakukan analisis terhadap konsep kerja jam bencet tersebut. Jam bencet tersebut menggunakan sinar matahari sebagai gnomon. Namun, dengan perbedaan konsep bencet ini tetap mempunyai tingkat akurasi yang cukup tinggi.

3. Skripsi yang ditulis oleh Ikhwan Muttaqin, sarjana Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang tahun 2012 yang berjudul "*Studi Analisis Penentuan Arah Kiblat dengan Menggunakan Equatorial Sundial.*"¹⁶ Dalam skripsi tersebut dikemukakan tentang Penentuan Arah Kiblat dengan Menggunakan Equatorial Sundial. Prinsip yang digunakan dalam mengukur kiblat dengan menggunakan metode ini adalah menggunakan equatorial sundial sebagai kompas. Untuk mengetahui keakuratan yang dihasilkan, penulis membandingkan antara hasil perhitungan pengukuran arah kiblat yang menggunakan equatorial sundial dengan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah.
4. Skripsi Endang Ratna Sari, sarjana Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang tahun 2012 yang berjudul "*Studi Analisis Jam Bencet Karya Kiai Mishbachul Munir Magelang dalam Penentuan Awal Waktu Salat*".¹⁷ Dalam Skripsi ini, penulis melakukan penelitian tentang jam bencet karya Kyai Misbachul Munir. Jam bencet tersebut tidak hanya

¹⁶ Ikhwan Muttaqin, *Studi Analisis Penentuan Arah Kiblat dengan Menggunakan Equatorial Sundial*, Skripsi strata I Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo, Semarang, 2012

¹⁷ Endang Ratna Sari, *Studi Analisis Jam Bencet Karya Kiai Mishbachul Munir Magelang dalam Penentuan Awal Waktu Salat*, Skripsi strata I Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo, Semarang, 2012

dapat digunakan untuk menentukan waktu shalat dhuhur dan ashar, namun jam bencet ini dapat digunakan untuk menentukan waktu shalat maghrib, isya dan subuh dengan pedoman *rubu' mujayyab*. Penulis mengkomparasikan waktu shalat yang ditentukan oleh jam bencet dengan hisab waktu shalat kontemporer.

5. Tesis Daniëlle Verburg Master bidang *Mathematics and Education, Mathematical Institute, University Leiden* 2015 berjudul "*Keeping Track of Time: A Study of The Mathematics Behind Historical Methods.*"¹⁸ Penelitian dilakukan dengan cara menelusuri sejarah alat pengukuran waktu di Leiden. Penelusuran dilakukan di *Museum van Oudheden*, Observatorium Astronomi, berbagai situs jam matahari ditemukan di seluruh Leiden dan *Zeevaartschool* (perguruan tinggi nautika). Dari penelusuran tersebut, peneliti menemukan Jam air, Jam matahari dan pendulum di sebuah kapal yang berfungsi sebagai pengukur waktu ketika di laut. Setiap alat tersebut dibahas dalam bab yang berbeda dimana setiap babnya memiliki struktur yang sama, dimulai dengan pengenalan, diikuti oleh beberapa dasar matematik dan cara pembangunannya.
6. Paper David A. King berjudul "*Mizwala*" yang disisipkan dalam kompilasi tulisannya "*Astronomy In The Service of Islam*".¹⁹ Dalam tulisannya ini, peneliti menelusuri sejarah perkembangan jam matahari di

¹⁸ Daniëlle Verburg, *Keeping Track of Time: A Study of The Mathematics Behind Historical Methods*, Tesis Master *Mathematics and Education, Mathematical Institute, University Leiden*, 2015

¹⁹ David A. King, "Mizwala" dalam David A. King, *Astronomy in The Service of Islam*, Great Britain: Variorum, 1993.

dunia Islam Arab. Hasil dari penelusurannya, pengembangan jam matahari pada saat itu lebih pada tujuan ketepatan penentuan waktu shalat. Di dalamnya juga disebutkan para atronom Islam yang berkarya dalam pengetahuan gnomonik beserta dengan karyanya masing-masing.

Dalam pengecekan pustaka, penulis belum menemukan secara spesifik yang membahas mengenai jam matahari yang terdapat di Gedung Kementerian PUPR sehingga dirasa penelitian ini memiliki perbedaan dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan.

E. Metode Penelitian

Dalam penulisan skripsi ini, metode penelitian yang digunakan oleh penulis adalah sebagai berikut:

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam penelitian lapangan (*field research*)²⁰ dengan melakukan pengamatan secara langsung terhadap Jam matahari Kementerian PUPR untuk mendapatkan pengetahuan tentang teori dan tingkat akurasi jam matahari tersebut.

2. Sumber Data

a. Data primer

Data primer dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dari pengamatan lapangan yaitu jam matahari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, data astronomis dari *Global*

²⁰ M. Iqbal Hasan, *Pokok-Pokok Metodologi Penelitian dan Aplikasinya*, Bogor : Ghalia Indonesia, 2002, hlm. 11.

Positioning System (GPS) dan data ephemeris yang nantinya berguna dalam perhitungan konversi waktu hakiki ke waktu daerah.

b. Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang tidak memberi informasi langsung kepada pengumpul data, yang termasuk dalam data sekunder ini diantaranya buku-buku yang berkenaan tentang ilmu falak dan astronomi, buku-buku keislaman, buku-buku tafsir dan buku-buku lainnya yang dapat menunjang penelitian ini. Selain itu, yang menjadi sumber sekunder buku-buku tentang jam matahari, diantaranya adalah *Sundials: Design, Construction, and Use* dan *The Sundial And Geometry: An Introduction For The Classroom*.

Selain itu, data sekunder juga diperoleh dari para informan, baik dari pihak Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang dapat menjelaskan mengenai profil, latar belakang pembangunan jam matahari tersebut dan dari arsitek / perancang jam matahari tersebut untuk mengetahui teori dari jam matahari tersebut.

3. Metode Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam penelitian ini, metode yang penulis gunakan adalah:

a. Observasi

Pengamatan (observasi) merupakan suatu proses yang kompleks, dimana peneliti melakukan pengamatan langsung di tempat

penelitian.²¹ Penulis melakukan pengamatan dan pengukuran terhadap jam matahari Kementerian Pekerjaan Umum secara berulang-ulang. Dalam hal ini, pengamatan dilakukan dengan cara membandingkan waktu yang ditentukan oleh jam matahari dengan hasil perhitungan konversi waktu hakiki dari waktu daerah.

b. Wawancara

Wawancara adalah cara mendapatkan data dengan berkomunikasi secara langsung antara peneliti dan responden. Wawancara dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai teori dan latar belakang dibangunnya jam matahari Kementerian Pekerjaan Umum. Dalam hal ini, penulis melakukan wawancara dengan Bapak Hendro Setyanto, M.Si. selaku Arsitek/perancang Jam matahari tersebut. Selain itu, penulis juga mewawancarai pihak SNVT Pengembangan, Pengendalian dan Pelaksanaan Pekerjaan Strategis Bidang PUPR Lainnya (P4BPUL) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat selaku instansi yang berwenang dalam pengelolaan jam matahari tersebut.

c. Dokumentasi

Dokumentasi ialah metode untuk mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan jam Matahari dan konsep waktu dari dokumen-dokumen baik berupa buku, makalah, maupun website.

4. Metode Analisis Data

²¹ Tim Penyusun Fakultas Syariah IAIN Walisongo, *Pedoman Penulisan Skripsi*, Semarang : Fakultas Syariah IAIN Walisongo, 2010, hal. 13

Dalam menganalisis data penulis menggunakan teknik *deskriptif numerik*. Analisis *deskriptif* adalah transformasi dari data-data mentah ke dalam suatu bentuk yang mudah dimengerti dan diterjemahkan. Jenis analisis deskriptif yang dapat dilakukan memiliki kaitan erat dengan bentuk data dan jenis pengukuran yang dilakukan dalam suatu riset.²² Dalam penelitian ini bentuk data yang didapat dari pengukuran di lapangan adalah data *numerik* (berupa angka). Pengaplikasian teknik ini adalah dengan melakukan pengukuran terhadap fisik jam Matahari Kementerian PUPR dan pengecekan kecocokkan antara keadaan fisik atau bangunan jam Matahari tersebut dengan ketentuan baku pembuatan Jam Matahari. Penelitian selanjutnya bersifat verifikasi, yakni menguji keakuratan jam Matahari Kementerian PUPR dengan melakukan pengamatan secara langsung pada jam Matahari Kementerian PUPR untuk mengetahui selisih antara waktu hakiki dan waktu rata-rata yang terdapat pada jam Matahari tersebut.

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar, penulisan penelitian skripsi ini dibagi dalam 5 bab. Dalam setiap bab terdiri dari sub-sub pembahasan. Sistematika penulisan ini adalah sebagai berikut:

²² Dermawan Wibisono, *Riset Bisnis Panduan bagi Praktisi dan Akademisi*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2002, hal. 134

1. Bab pertama berisi pendahuluan. Bab ini meliputi Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Telaah Pustaka, Metode Penelitian, dan Sistematika Penulisan.
2. Bab kedua berisi pembahasan umum tentang teori-teori dasar yang berhubungan dengan judul penelitian, meliputi konsep penentuan waktu dan pergerakan benda langit seperti Matahari, Bumi dan Bulan, serta ketentuan umum tentang konsep pembuatan dan penggunaan jam Matahari.
3. Bab ketiga berisi pemaparan data tentang Jam Matahari Kementerian Pekerjaan Umum yang meliputi kilasan tentang Kementerian Pekerjaan Umum
4. Bab keempat berisi tentang Analisis Konsep dan Akurasi Jam Matahari Kementerian Pekerjaan Umum. Bab ini meliputi Analisis konsep yang dimiliki Jam Matahari Kementerian Pekerjaan Umum sebagai penunjuk waktu hakiki, serta analisis tingkat akurasi.
5. Bab kelima berisi tentang Penutup. Bab ini meliputi Kesimpulan, Saran-saran yang berkaitan dengan penelitian penulis tentang Jam Matahari Kementerian Pekerjaan Umum dan Penutup.

BAB II

KONSEP UMUM WAKTU DAN JAM MATAHARI

A. Konsep Pergerakan Bumi-Matahari

Waktu adalah konsep dasar yang berkaitan dengan terjadinya peristiwa. Dengan kata lain, ada urutan yang pasti di mana dua peristiwa secara tak serentak (non-simultan) terjadi. Oleh karena itu, diantara dua kejadian non-simultan ada selang interval waktu. Dalam hal ini siang dan malam merupakan fenomena non-simultan berulang yang terjadinya paling banyak dan dengan demikian dapat menunjukkan selang waktu. Penyebab mendasar fenomena ini adalah rotasi bumi pada porosnya yang telah memberi kita satuan waktu yang paling dasar, yaitu hari. Nantinya, hal ini menghasilkan unit lebih besar seperti bulan dan tahun dan unit lebih pendek seperti jam, menit, dan detik.¹ Sebelum mengenal konsep waktu, perlu adanya pengetahuan tentang konsep pergerakan bumi terhadap matahari.

1. Matahari

Matahari merupakan bintang terdekat bumi yang sekaligus mempunyai peranan sebagai penyedia energi kehidupan di bumi. Karena kedekatannya dengan bumi, matahari telah menjadi objek pengamatan para ahli astronomi sejak tahun 1610. Pada saat itu, pengamatan masih terbatas pada penyelidikan tentang posisi dan permukaan matahari.²

¹ Mohammad Ilyas, *Astronomy of Islamic Times for The Twenty-first Century*, Kuala Lumpur: AS Noordeen, 1999, hal. 10.

² Bayong Tjasyono, *Ilmu Kebumihan dan Antariksa*, Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2013, hal. 59.

Bangsa Aztec menganggap matahari sebagai sumber segala daya kehidupan dan memberinya nama *Ipalnemohuani* yang berarti 'Dia yang menghidupi manusia'. Bangsa Mesir kuno juga mendewakan Matahari dengan sebutan *Amon-Ra (Ra)*. Ada juga bangsa yang telah membuat bangunan untuk mengamati gejala yang terkait dengan matahari. Di antara bangunan tersebut adalah megalitikum yang ada di Nabta Playa, Mesir dan *Stonehenge* yang terletak di Inggris. Keduanya berfungsi sebagai penanda titik musim panas pada tanggal 21 Juni. Ada pula bangunan yang menunjukkan saat ekuinoks (21 Maret dan 23 September), yaitu Piramida El-Castillo di Meksiko.³

Diameter matahari adalah sekitar 14×10^5 km senilai dengan 109 kali bumi. Massa matahari 333.400 kali massa bumi atau sekitar $1,99 \times 10^{30}$ kg.⁴ Bagian-bagian matahari secara umum terdiri dari angkasa matahari, permukaan matahari dan bagian dalam matahari. Dari ketiga bagian tersebut, bagian matahari yang dapat diamati adalah bagian angkasa/atmosfer matahari yang terbagi menjadi tiga bagian. Bagian pertama adalah fotosfer yang mempunyai temperatur sekitar 6000°C dan didominasi oleh hidrogen (75%) dan helium (23%). Diatas fotosfer 500 km terdapat daerah suhu minimum matahari. Karena cukup dingin, di daerah ini terdapat molekul-molekul karbon monoksida dan air. Bagian kedua, Kromosfer yang letaknya di atas fotosfer dengan ketebalan 2000-3000 km. Kerapatan gas di kromosfer berkurang dengan bertambahnya

³A. Gunawan Admiranto, *Menjelajahi Tata Surya*, Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 2009, hal. 22.

⁴ Bayong Tjasyono, *Ilmu Kebumihan dan Antariksa*, *op. cit.*, hal. 60.

ketinggian dari fotosfer, tetapi suhunya meningkat drastis hingga 4500 °C dibagian bawahnya dan mencapai 100.000 °C di daerah atasnya. ketiga, Korona, bagian terluar angkasa matahari yang renggang. Kecerlangan korona jauh lebih lemah dibandingkan dengan fotosfer (seperjuta kali). Itulah sebab korona hanya dapat diamati saat gerhana matahari total.⁵

Matahari juga bergerak seperti bintang lainnya. Pertama, Matahari, seluruh sistem tata surya kita dan bintang-bintang sekitar matahari berevolusi mengorbit pada pusat galaksi Bimasakti dengan kecepatan sekitar 800 ribu km per jam atau sekitar 220 km per detik. Sehingga, Galaksi Bimasakti berputar sekali setiap 225-250 juta tahun. Jumlah ini waktu - waktu yang dibutuhkan kita untuk mengorbit pusat galaksi disebut tahun kosmik.⁶ Kecepatan ruang untuk bintang lain di sekitar Matahari kemudian disesuaikan dengan gerak rata-rata ini. Matahari dan bintang-bintang yang dekat dengan matahari berada di orbit agak berbeda di sekitar pusat galaksi, sehingga pada satu waktu Matahari dapat mendahului beberapa bintang dan juga didahului oleh bintang yang lain.⁷

Di sisi lain, matahari juga berputar pada porosnya (rotasi). Tidak seperti Bumi dan benda-benda padat lainnya, keseluruhan Matahari tidak berputar pada tingkat yang sama. Hal itu dikarenakan Matahari berupa bola raksasa gas dan plasma yang tidak solid. Kecepatan perputaran pada

⁵ A. Gunawan Admiranto, *Menjelajahi Tata Surya*, *op. cit.*, hal. 25.

⁶ “How long does it take our sun to orbit the Milky Way’s center?”, Earth Sky, diakses dari <http://earthsky.org/space/milky-way-rotation> pada 05 Nopember 2015 pukul 14.20.

⁷ “Motion of the Sun”, Astronomy 162 Stars, Galaxies, and Cosmology, diakses dari <http://csep10.phys.utk.edu/astr162/lect/motion/solar.html> pada 05 Nopember 2015 pukul 14.37.

permukaan Matahari dapat diketahui dengan mengamati gerak bintik matahari yang tampak di permukaan matahari.⁸ Rotasi matahari pertama kali diamati oleh Galileo ketika ia melakukan pengamatan bintik matahari. Kemudian pada tahun 1859, Richard Carrington mendapati bahwa tingkat rotasi Matahari menurun dengan meningkatnya lintang, sehingga tingkat rotasi adalah paling lambat di dekat kutub. Rotasi yang demikian disebut dengan rotasi diferensial.⁹ Periode rotasi di ekuator matahari adalah 26,8 hari, di lintang 30° : 28,2 hari dan di lintang 60° : 30,8 hari.¹⁰

Perputaran di bagian dalam matahari berbeda dengan perputaran matahari di bagian permukaan. Jika bagian luar Matahari, dari zona konvektif sampai ke permukaan, berputar pada tingkat yang berbeda yang bervariasi sesuai lintang, daerah bagian dalam Matahari, termasuk inti matahari dan zona radiaktif, memutar lebih seperti benda padat yang berputar bersama-sama secara keseluruhan.¹¹ Batas antara bagian dalam Matahari dan bagian luar yang berputar pada tingkat yang berbeda disebut *tachocline*.¹²

⁸ Randy Russell, "Rotation of the Sun", Windows to the Universe, diakses dari http://www.windows2universe.org/sun/Solar_interior/Sun_layers/differential_rotation.html pada 07 Nopember 2015 pukul 14.06.

⁹ A. Gunawan Admiranto, *Menjelajahi Tata Surya*, *op. cit.*, hal. 31.

¹⁰ Moedji Raharto, *Dasar-Dasar Sistem Kalender Bulan dan Matahari (Catatan Kuliah AS 3006)*, Bandung: Penerbit ITB, 2013, hal. 25.

¹¹ Randy Russell, "Rotation of the Sun", Windows to the Universe, *op. cit.*

¹² Lapisan Antarmuka (*interface Layer*) yang merupakan sekat tipis yang membatasi zona radiaktif (terletak di atas inti matahari dimana energi dari inti di hantarkan dengan radiasi) dengan zona konvektif (energi matahari dihantarkan dengan konveksi, dikarenakan suhu energi matahari melemah sehingga tidak efisien lagi terjadi radiasi). Disebut *tachocline* karena di daerah tersebut terjadi perubahan kecepatan. lihat Rohmat Haryadi, *Ensiklopedia Astronomi Jilid 4: Matahari dan Bintang*, Jakarta: Penerbit Erlangga, 2008, hal. 23.

2. Bumi

Bumi atau dalam bahasa lain *Ardl* (Arab), *Earth* (Inggris), *Geo* (Yunani) adalah benda langit yang merupakan salah satu di antara sembilan planet pengikut matahari yang berada di urutan ketiga dalam tata surya setelah merkurius dan venus. Bumi berbentuk mirip bola dengan diameter di khatulistiwa 12.756.776 km dan jarak dari kutub ke kutub 12.713.824 km sehingga agak pipih pada kutubnya.¹³ Umur bumi diperkirakan 4.6 milyar tahun yang terbentuk bersamaan dengan satu sistem tata surya keluarga matahari. Bumi terhadap matahari mempunyai jarak rata-rata sekitar 149.500.000 km atau 1.00 Satuan Astronomi (SA). Lintasan elips bumi-matahari menyebabkan perubahan jarak tersebut. Selisih perbedaan jarak perihelium (titik terdekat) dengan jarak aphelium (titik terjauh) adalah 5.000.000 km.¹⁴

Ada dua gerak putaran bumi, yaitu rotasi dan revolusi. Rotasi bumi adalah perputaran bumi pada porosnya. Periode rotasi bumi rata-rata dianggap konstan yakni 24 jam. Namun sebenarnya periode rotasi bumi bervariasi antara 23 jam 46 menit sampai 24 jam 16 menit. Hal ini dikarenakan bentuk orbit bumi yang tidak bulat sempurna, melainkan lonjong 2 % dari lingkaran sempurna. Selain itu, penyebabnya adalah kemiringan sumbu rotasi bumi sebesar $23^{\circ} 27'$ terhadap bidang tegak

¹³ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005, hal. 4.

¹⁴ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak: Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012, hal. 131.

lurus orbitnya.¹⁵ Arah rotasi bumi dari barat ke timur mengakibatkan terlihatnya benda-benda langit seolah-olah bergerak dari timur ke barat sejajar dengan ekuator.¹⁶ Rotasi bumi memiliki akibat sebagai berikut:

a. Terjadinya siang dan malam

Permukaan bumi yang menghadap matahari mengalami siang. Sedangkan yang bagian bumi yang membelakangi matahari mengalami siang.¹⁷ Lamanya siang dan malam di daerah khatulistiwa adalah rata-rata 12 jam, sedangkan untuk di daerah yang jauh dari khatulistiwa akan mengalami siang dan malam lebih dari 12 jam atau sebaliknya.¹⁸

b. Gerak semu harian benda-benda langit

Karena bumi berotasi dari barat ke timur, maka matahari, bulan dan bintang akan nampak bergerak di bola langit dari arah timur ke arah barat. Peristiwa yang paling konkret adalah setiap hari kita selalu menyaksikan Matahari terbit disebelah timur dan terbenam di sebelah barat. Karena gerak semu ini dapat di amati setiap hari, maka pergerakan dari timur ke barat yang tampak pada benda-benda langit ini dinamakan gerak semu harian.¹⁹

¹⁵ Muh. Ma'rufin Sudiby, *Sang Nabi pun Berputar (Arah kiblat an Tata Cara Pengukuranya)*, Solo: Tinta Medina, 2011, hal. 240.

¹⁶ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik: Perhitungan Arah Kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004, hal. 129.

¹⁷ *ibid.*, hal. 128.

¹⁸ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak: Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, *op.cit.*, hal. 198.

¹⁹ *ibid.*, hal. 199.

c. Perbedaan waktu

Adanya rotasi bumi juga menyebabkan adanya perbedaan waktu. Tempat-tempat di bumi yang lebih timur akan mengalami waktu lebih dulu daripada tempat-tempat di sebelah baratnya. Perbedaan waktu tersebut adalah sebesar 1 jam untuk setiap perbedaan 15 derajat bujur, atau 4 menit untuk setiap 1 derajat bujur. Perhitungan ini diperoleh dari waktu yang diperlukan untuk sekali putaran penuh (360°) selama 24 jam.²⁰

d. Perubahan arah angin

Menurut hukum *Boys Ballot*, angin akan bergerak dari daerah yang bertekanan maksimum ke daerah yang tekanannya minimum. Hal ini juga disebabkan oleh adanya pembelokan angin dari bumi utara ke kanan dan bumi selatan ke kiri. Angin yang datang dari selatan khatulistiwa menuju khatulistiwa membelok ke kiri. Sedangkan angin yang datang dari utara menuju ke khatulistiwa membelok ke utara.²¹

e. Bentuk bumi bulat pepat

Bumi tidak berupa bola sempurna, melainkan agak pepat di kutub-kutubnya. Jari-jari dari kutub-kutub bumi adalah 6.356,8 km, sedang jari-jarinya di ekuator adalah 6.378,2 km. Papatnya bola bumi ini disebabkan pada saat bumi baru terbentuk bumi belum

²⁰ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik: Perhitungan Arah Kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*, op.cit.

²¹ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak: Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, op.cit., hal. 202.

terlalu padat, dan rotasinya membuatnya menggembung pada bagian yang tegak lurus sumbu rotasinya, yakni bagian ekuator.²²

Selain berotasi, bumi juga berevolusi, yakni berputar mengorbit/mengelilingi matahari dari arah barat ke timur dengan kecepatan sekitar 30 km/det.²³ Bidang orbit bumi terhadap matahari disebut bidang ekliptika. Dalam revolusinya, bumi berputar dengan sumbu bumi miring $66,5^\circ$ terhadap ekliptika, sehingga gerakan revolusi bumi tidak sejajar dengan ekuator bumi, melainkan membentuk sudut $23,5^\circ$.²⁴ Akibat dari revolusi bumi antara lain:

a. Adanya perubahan kenampakan rasi bintang

Sebagai konsekuensi revolusi bumi, matahari nampak seolah-olah matahari bergerak mengelilingi bumi lewat lintasan semu yang dinamakan dengan lingkaran ekliptika. Lingkaran ekliptika ditandai dengan keberadaan rasi-rasi bintang tertentu yang disebut zodiak. Gerak matahari ini sangat sulit dilihat dan lambat, namun dapat dideteksi berdasarkan pada zodiak yang nampak di latar belakangnya.²⁵

b. Sistem Kalender Tahun Masehi

Revolusi bumi adalah selang waktu ketika matahari menempati titik *vernal equinox* secara berurutan. Pengaruh gerakan presesi

²² A. Gunawan Admiranto, *op. cit.*, *Menjelajahi Tata Surya*, hal. 76.

²³ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik: Perhitungan Arah Kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*, *op. cit.*, hal. 129.

²⁴ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak: Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, *op. cit.*

²⁵ Muh. Ma'rufin Sudibyo, *Sang Nabi pun Berputar (Arah kiblat an Tata Cara Pengukuranya)*, *op.cit.*, hal. 243

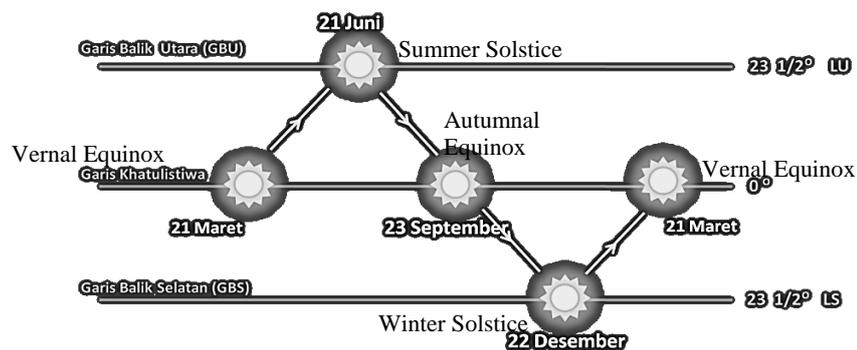
menyebabkan periode revolusi menjadi lebih pendek 20 menit 24 detik dibanding nilai perputaran satu lingkaran penuh. Periode ini yang dinamakan periode tropis matahari yang mana satu tahun tropis adalah 365 hari 5 jam 48 menit 46 detik. Tahun tropis inilah yang menjadi dasar sistem kalender tarikh umum.²⁶

c. Gerak semu tahunan matahari

Akibat revolusi bumi dengan sumbu rotasi miring, matahari seolah-olah berpindah gradual dari utara ke selatan dan sebaliknya sepanjang tahun tropis. Peristiwa ini dinamakan gerak semu tahunan matahari. Dari di titik *vernal equinox* persis di khatulistiwa (21 Maret) matahari bergerak ke utara hingga mencapai titik *summer soltice* berada di Garis Balik Utara (21 Juni). kemudian, matahari bergerak ke selatan hingga ke titik *autumnal equinox* di khatulistiwa (23 September) dan terus bergerak ke selatan hingga ke titik *winter soltice* di Garis Balik Selatan (22 Desember). Dan akhirnya kembali bergerak ke utara sampai ke *vernal equinox*.²⁷

²⁶ *ibid.*, hal. 246.

²⁷ *ibid.*



Sumber: <http://dinamikasains.blogspot.com>

Gambar 2

Pergerakan Semu Tahunan Matahari

Equinox adalah perpotongan antara bidang ekuator langit dan bidang ekliptika. Dinamakan *equinox* karena pada saat matahari berada di titik ini akan membagi fenomena siang-malam di seluruh belahan bumi dalam selang waktu yang sama. Ada dua titik *equinox*, yaitu *vernal* (musim semi) *equinox* yang sering disebut juga dengan titik aries dan *autumnal* (musim gugur) *equinox*. Sedangkan *solstice* (*sol*: Matahari; *sistere*: diam tak bergerak) adalah titik paling selatan di langit yang dicapai matahari (deklinasi minimal matahari) disebut juga dengan titik balik musim dingin (*winter solstice*) dan titik paling utara di langit yang dicapai matahari (deklinasi maksimal matahari) disebut juga dengan titik balik musim panas (*summer solstice*).²⁸

²⁸ Moedji Raharto, *Dasar-Dasar Sistem Kalender Bulan dan Matahari (Catatan Kuliah AS 3006)*, *op.cit.*, hal. 102.

d. Terjadinya perubahan musim

Gerak semu tahunan matahari menyebabkan perubahan musim di bumi baik di kawasan tropis maupun subtropis.²⁹

Di daerah tropis, September hingga Maret matahari berada di selatan ekuator, akibatnya wilayah selatan bersuhu udara lebih tinggi dan tekanan udaranya lebih rendah dibandingkan di utara. Adanya perbedaan tekanan udara antar kedua wilayah tersebut menyebabkan udara bergerak dari utara menuju selatan yang dinamakan angin muson barat (Oktober – April) dengan membawa massa udara dengan uap air jenuh yang berasal dari Samudera Pasifik dan Samudera Hindia yang kemudian jatuh di wilayah tropis dan mengalami musim penghujan.³⁰

Maret hingga September matahari berada di utara ekuator. Karenanya wilayah utara memiliki suhu udara yang lebih tinggi dan tekanan udara lebih rendah daripada di selatan. Adanya perbedaan tekanan udara antar kedua wilayah ini menyebabkan udara bergerak dari selatan menuju utara yang dinamakan Angin muson timur (April – Oktober). Angin ini kering tidak banyak membawa uap air sehingga daerah tropis mengalami musim kemarau.³¹

²⁹ Muh. Ma'rufin Sudibyo, *Sang Nabi pun Berputar (Arah kiblat an Tata Cara Pengukurannya)*, *op.cit.*, hal. 247.

³⁰ Azanul Ahyan, "Hubungan Letak Geografis dengan Perubahan Musim di Indonesia", Azanul Ahyan, diakses dari <http://azanulahyan.blogspot.co.id/2012/07/hubungan-letak-geografis-dengan.html> pada 10 Nopember 2015 pukul 00.45.

³¹ *ibid.*

Perubahan musim subtropis terjadi sebagaimana berikut: **21 Juni**, belahan utara bumi berhadapan dengan matahari dan mendapatkan banyak sinar matahari, sehingga dari 21 Juni - 23 September belahan bumi utara mengalami musim panas dan belahan bumi selatan mengalami musim dingin; **23 September**, daerah ekuator berhadapan dengan matahari dan mendapatkan banyak sinar matahari sehingga dari 23 September - 22 Desember belahan bumi utara mengalami musim gugur dan belahan bumi selatan mengalami musim semi; **22 Desember**, belahan bumi selatan berhadapan dengan matahari dan mendapatkan banyak sinar matahari sehingga dari 22 Desember - 21 Maret belahan bumi selatan mengalami musim panas dan belahan bumi utara mengalami musim dingin; **21 Maret**, daerah ekuator berhadapan dengan matahari dan lebih banyak sinar matahari sehingga dari 21 Maret - 21 Juni belahan bumi utara mengalami musim semi, sedangkan belahan bumi selatan mengalami musim gugur.³²

Rotasi bumi menyebabkan pemampatan di daerah kutub dan penggelembungan di daerah khatulistiwa. Matahari, bulan, venus dan jupiter yang berada di sekitar lingkaran ekliptika memiliki gravitasi yang menarik area yang menggelembung ini, sedangkan arah penggelembungan bumi adalah ke khatulistiwa langit. Hal ini menyebabkan gerak presesi, yaitu kutub-kutub bumi tidak menunjuk ke

³² Tedi Mulyadi, "Pergantian dan pembagian Musim di Bumi", Sridianti.com, diakses dari <http://www.sridianti.com/pergantian-musim-di-bumi.html> pada 10 Nopember 2015 pukul 00.22.

satu titik yang tetap di kutub langit, namun berpindah-pindah. Perpindahan titik kutub langit dari waktu ke waktu akan membentuk sebuah lingkaran khayal bergaris $23,5^\circ$ yang dikenal sebagai lingkaran presepsi.³³ Perubahan kemiringan sumbu bumi ini pertahunnya sekitar $50,24''$. Dengan perubahan itu, gerak presepsi bergerak ke arah yang berlawanan rotasi bumi, yaitu ke barat, dan akan kembali ke posisi awal dalam jangka sekitar 25,796 tahun.³⁴

Sebagai akibat dari gerak presepsi ini, konfigurasi rasi zodiak di lingkaran ekliptika senantiasa berubah gradual dari waktu ke waktu dalam jangka panjang. 5000 tahun silam posisi kutub utara langit berimpit dengan bintang Thuban, kini kutub utara langit berimpit dengan bintang Polaris. Padahal dua bintang tersebut saling terpisah dengan selisih sudut 26° .³⁵

Presepsi juga menyebabkan perubahan dalam perhitungan revolusi bumi dan titik penting di dalamnya. 2600 tahun lalu, titik *Vernal Equinox* (Titik Aries) berada di rasi Aries. Kini, titik tersebut telah bergeser 36° ke barat sehingga berada di rasi Pisces. Begitu pula titik *Summer Solstice* yang dulu berada di rasi Cancer kini bergeser ke rasi Taurus, sehingga garis $23,5^\circ$ LU (Garis Balik Utara) yang dikenal sebagai *Tropic of Cancer*, seharusnya sekarang dinamakan *Tropic of Taurus*. Titik *Winter*

³³ Muh. Ma'rufin Sudiby, *Sang Nabi pun Berputar (Arah kiblat an Tata Cara Pengukurannya)*, *op.cit.*, hal. 244.

³⁴ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik: Perhitungan Arah Kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*, *op.cit.*, hal. 130.

³⁵ Muh. Ma'rufin Sudiby, *Sang Nabi pun Berputar (Arah kiblat an Tata Cara Pengukurannya)*, *op.cit.*, hal. 245.

Solstice yang dulu berada di rasi Capricornus kini bergeser ke rasi Sagittarius, sehingga garis $23,5^\circ$ LS (Garis Balik Selatan) yang dikenal sebagai *Tropic of Capricorn*, seharusnya sekarang dinamakan *Tropic of Sagittarius*.³⁶

B. Konsep Waktu

Pada jaman dahulu, pengetahuan waktu merupakan kepentingan sekunder. Ritme kehidupan hanya didasarkan dari terbit dan terbenamnya Matahari dan untuk sebagian besar aktivitas waktu hanya didasarkan pada penanda sederhana.³⁷ Pergantian siang dan malam telah membagi waktu aktivitas kehidupan sehari-hari manusia dimana siang untuk bekerja dan malam untuk istirahat. Aktivitas manusia yang semakin kompleks membuat mereka berpikir bahwa tak cukup hanya membagi hari dalam siang dan malam, sehingga mereka mulai membagi waktu berdasarkan pergerakan posisi matahari yang mereka lihat setiap hari, yaitu naik dari tempat terbit di kaki langit, bergerak hingga sampai tepat di puncak kepala lalu bergeser turun kembali ke kaki langit di tempat terbenam.³⁸

a. Hari sebagai unit dasar waktu

Konsekuensi dari rotasi dan revolusi Bumi adalah terjadinya fenomena astronomi berulang secara teratur yaitu kulminasi atas atau transit benda langit pada meridian langit tertentu. Pada saat kulminasi atas itu, benda

³⁶ *ibid.*

³⁷ Denis Savoie, *Sundials, Design, Construction, and Use*, Chichester: Praxis Publishing, 2009, hal. 34.

³⁸ "Sejarah Perkembangan Jam dari Zaman ke zaman", menujuhijau.blogspot.com, diakses dari <http://menujuhijau.blogspot.co.id/2012/02/sejarah-perkembangan-jam-dari-zaman-ke.html> pada 14 Nopember 2015 pukul 15.14.

langit (Matahari, Bulan, planet atau bintang) mempunyai tinggi maksimum yang bisa disaksikan dari pengamat.³⁹

Satu hari didefinisikan sebagai periode benda langit transit dua kali berurutan pada meridian langit yang sama. Transit dua kali Bulan dinamakan dengan satu hari Bulan. Apabila benda langit itu adalah sebuah bintang maka dinamakan satu hari bintang atau satu hari sideris (bahasa Inggris *sidereal* berasal dari bahasa Latin *sidus* yang berarti bintang).⁴⁰ Karena bintang yang jauh dapat dianggap sebagai masih ada di posisinya (dengan mengacu ke bumi), periode hari siderial sama dengan periode rotasi bumi. Interval antara dua transit berturut-turut matahari di meridian disebut satu hari matahari.⁴¹ Namun, untuk keperluan kalender Matahari dipergunakan konsep matahari fiktif yaitu matahari rata-rata. Bila benda langit yang dipergunakan acuan adalah matahari benar maka satu hari matahari benar dinamakan hari semu Matahari (*apparent solar day*). Sistem ini dipergunakan dalam Jam Matahari (*Sundials*), panjang 1 hari matahari semu bervariasi dari hari ke hari.⁴²

Hari matahari hampir 4 menit lebih lama dari periode rotasi atau hari siderial. Gerakan matahari adalah 360° dalam setahun atau hampir 1° per hari sehingga hari matahari meningkat sekitar 4 menit selama periode rotasi. Satu hari sideris merupakan periode rotasi Bumi yaitu 23 jam 56

³⁹ Moedji Raharto, *Dasar-Dasar Sistem Kalender Bulan dan Matahari (Catatan Kuliah AS 3006)*, *op.cit.*, hal. 94.

⁴⁰ *Ibid.*

⁴¹ Mohammad Ilyas, *Astronomy of Islamic Times for The Twenty-first Century*, *op.cit.*

⁴² Moedji Raharto, *Dasar-Dasar Sistem Kalender Bulan dan Matahari (Catatan Kuliah AS 3006)*, *op.cit.*

menit 4 detik, lebih pendek dibanding daripada periode Matahari rata-rata. Satu hari matahari rata-rata terdiri dari 24 jam atau $24 \times 60 \times 60$ detik = 86400 detik, sedangkan satu hari sideris terdiri dari 86164,0906 detik.⁴³

b. Macam-macam waktu

a. Waktu Hakiki (*Apparent Solar Time*)

Waktu yang didasarkan pada perjalanan matahari sebenarnya ini disebut *Al-Waqt Asy-Syamsi* (arab) yang sama artinya dengan *waqt Istiwa'*.⁴⁴ Waktu ini juga dikenal sebagai waktu surya hakiki setempat, dipendekkan menjadi waktu hakiki setempat atau waktu surya.⁴⁵

b. Waktu Pertengahan (*Solar Mean Time*)

Sampai awal abad kesembilan belas, setiap kota (di Eropa) menggunakan waktu matahari (hakiki) masing-masing. Kemudian, agar jam menjadi semakin akurat, pembuat jam diharuskan untuk mencocokkan jam mereka dengan Matahari. Tugas mereka adalah membuat jam matahari meridian yang dapat digunakan saat siang hari saja. Namun, karena waktu matahari yang tidak seragam, maka dibutuhkan koreksi *equation of time* untuk menyeragamkan waktu.⁴⁶

⁴³ *ibid.*

⁴⁴ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2008, hal. 28.

⁴⁵ Abdur Rachim, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Liberty, 1983, hal. 42.

⁴⁶ Denis Savoie, *Sundials, Design, Construction, and Use*, *op.cit.*

Sistem waktu yang didasarkan pada posisi matahari rerata (fiktif) disebut dengan waktu rata-rata / waktu pertengahan. Dalam bahasa arab dikenal dengan *Az-Zaman Al-Wustha* atau *Al-Waqt Al-Ausath*.⁴⁷ Dalam sistem waktu ini, peredaran matahari khayal (fiktif) seakan-akan berjalan stabil. Dengan demikian maka waktu pertengahan ini bisa bersamaan dan bisa pula tidak bersamaan dengan waktu hakiki. Suatu ketika waktu pertengahan mendahului waktu hakiki dan pada saat yang lain waktu pertengahan didahului oleh waktu hakiki.⁴⁸

Hal demikian disebabkan antara lain karena orbit peredaran bumi mengelilingi matahari berbentuk elips. Pada suatu saat bumi dekat dengan matahari (*Hadlidl/Perehelium*) yang menyebabkan gaya gravitasi menjadi kuat sehingga perputaran bumi menjadi lebih cepat yang akibatnya sehari-semalam kurang dari 24 jam. Sebaliknya ketika bumi jauh dengan matahari (*Auj/Aphelium*) yang menyebabkan gaya gravitasi menjadi lemah dan perputaran bumi menjadi lebih lambat sehingga sehari-semalam lebih dari 24 jam.⁴⁹

Selisih antara waktu Istiwa' (hakiki) dan waktu wasathi (pertengahan) ini disebut dengan Perata Waktu (arab: *Ta'dil al-Waqt* / *al-Auqat* / *az-Zaman*, Inggris: *Equation of Time*).⁵⁰ Perata

⁴⁷ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, *op.cit.*

⁴⁸ Slamet hambali, *Ilmu Falak 1: Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat seluruh Dunia*, Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011, hal. 94.

⁴⁹ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik: Perhitungan Arah Kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*, *op.cit.*, hal. 67.

⁵⁰ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, *op.cit.*, hal. 79.

Waktu dinyatakan positif jika pada saat pukul 12 WP (waktu pertengahan), 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. Kemudian 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. Berangkat dari dua contoh tersebut dapat diterapkan rumus sebagai berikut: $WP = \text{Waktu Hakiki} - \text{Perata Waktu}$. Artinya waktu pertengahan dapat diperoleh dari waktu hakiki dikurangi perata waktu.⁵¹

c. Waktu Setempat / Meridian (*Local Mean Time*)

Waktu ini adalah waktu pertengahan menurut bujur tempat di suatu tempat, sehingga sebanyak bujur tempat di permukaan bumi sebanyak itu pula waktu pertengahan yang ada.⁵² Waktu hakiki dan pertengahan ditinjau dari perbandingan sudut waktu yang mana besarnya dihitung dari meridian (bujur) setempat. Oleh karenanya, waktu bersifat setempat. Jika kita berpindah ke timur / barat, maka meridian kita berubah dan begitu juga dengan waktu yang kita alami.⁵³

⁵¹ Slamet hambali, *Ilmu Falak 1: Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat seluruh Dunia*, Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011, hal. 94.

⁵² Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik: Perhitungan Arah Kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*, *op.cit.*, hal. 69.

⁵³ Abdur Rachim, *Ilmu Falak*, *op.cit.*, hal. 42.

Karena meridian yang menjadi dasar bagi penentuan waktu setempat, maka waktu-waktu itu dapat dinamakan sesuai dengan tempat tersebut. Misalnya, waktu Jakarta, waktu Makkah, waktu Greenwich (*Greenwich Mean Time*: GMT). Tempat-tempat yang terletak pada meridian yang sama, mempunyai waktu setempat yang sama.⁵⁴

Local Mean Time ini sudah tidak digunakan sebagai waktu sipil saat ini, namun masih digunakan ketika untuk memastikan jam dengan matahari seakurat mungkin. LMT juga digunakan oleh para astronom di seluruh dunia untuk waktu pengamatan mereka.⁵⁵

d. Waktu Daerah

Jam 10 waktu Yogyakarta berbeda dengan jam 10 waktu Jakarta dan berbeda pula dengan jam 10 waktu Medan. Sehingga apabila ada tiga orang masing-masing bertempat tinggal di ketiga tempat tersebut, berjanji untuk bertemu di suatu tempat pada jam 12, maka akan terjadi kebingungan mengenai waktu pertengahan yang mana yang akan digunakan. Maka, untuk mengatasi hal tersebut, dibuatlah kelompok waktu yang kemudian dikenal sebagai waktu daerah (*zone time*).⁵⁶

Waktu daerah adalah waktu yang diberlakukan untuk satu wilayah bujur tempat tertentu, sehingga dalam satu wilayah bujur

⁵⁴ *ibid.*

⁵⁵ “What is Local Mean Time?”, Time and Date, diakses dari <http://www.timeanddate.com/time/local-mean-time.html> pada 17 Nopember 2015 pukul 02.48.

⁵⁶ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik: Perhitungan Arah Kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*, *op.cit.*

yang bersangkutan hanya berlaku satu waktu daerah. Oleh karenanya, daerah dalam satu wilayah itu disebut Daerah Kesatuan Waktu. Pembagian wilayah daerah kesatuan waktu didasarkan pada kelipatan bujur tempat 15° ($360^\circ: 24 \text{ jam} \times 1^\circ$) yang dihitung dari bujur 0° (bujur yang melewati kota Greenwich).⁵⁷

Penggunaan waktu daerah dimulai pada abad kesembilan belas yang pada waktu itu perkembangan komunikasi dan perkeretaapian pada mengharuskan penggunaan waktu yang sama di seluruh Perancis; sehingga pada tahun 1891, ditetapkan bahwa waktu yang digunakan di seluruh Perancis adalah waktu rata-rata Paris (*Paris Mean Time*).⁵⁸

Beberapa waktu sebelumnya, tahun 1884 di Washington, sebuah konferensi internasional memustuskan untuk membagi dunia ke dalam 24 zona waktu, dan memilih meridian yang unik sebagai bujur acuan. Meridian yang dipilih adalah yang melewati Observatorium Royal Greenwich. Waktu yang mengacu pada meridian greenwich dikenal sebagai Universal Time (UT).⁵⁹ Lokasi ini dipilih karena sampai tahun 1884, dua pertiga dari semua peta dan bagan menggunakannya sebagai meridian utama (prime meridian).⁶⁰

⁵⁷ *ibid.*

⁵⁸ Denis Savoie, *Sundials, Design, Contruction, and Use, op.cit.*

⁵⁹ *ibid.*

⁶⁰ "GMT (Greenwich Mean Time)" Macthwatch.co.id, diakses dari <http://www.macthwatch.co.id/watch-buyer-guide/greenwich-mean-time-gmt.php> pada 17 Nopember 2015 pukul 8.59.

Penggunaan GMT (*Greenwich Mean Time*) sebagai standar waktu sebenarnya kurang tepat. standar waktu yang digunakan sekarang adalah UTC (*Coordinated Universal Time*). GMT (*Greenwich Mean Time*) sering secara keliru dianggap sebagai kesamaan dari UTC. Sebenarnya, GMT yang dulu telah dibagi dua, menjadi UTC dan UT1.⁶¹

UTC adalah standar waktu yang mengikuti TAI (*International Atomic Time*) yang merupakan hasil kalkulasi BIPM (*Bureau International des Poids et Mesures / International Bureau of Weights and Measures*) atas dasar pengukuran pada lebih dari 200 jam atom (*atomic clock*) yang dioperasikan oleh lembaga metrologi and lembaga observatori di lebih dari 30 negara di seluruh dunia. BIPM mengestimasi bahwa TAI tidak akan bergeser lebih dari satu mikrosekon pertahun, atau kurang dari 1 sekon dalam sejuta tahun. Sedangkan GMT (*Greenwich Mean Time*) ekuivalen dengan universal time (UT). Perbedaan antara UTC and UT adalah bahwa UTC berbasis waktu atomik (TAI) sedangkan UT berbasis pengamatan astronomis. Karena rotasi bumi tidak seragam (terkadang lebih pelan atau lebih cepat secara kompleks), maka perjalanan UT juga tidak konsisten. Skala waktu UT yang dikoreksi

⁶¹ *ibid.*

untuk mengkompensasi ketidakseragaman rotasi bumi tersebut, dinotasikan dengan UT1.⁶²

Atas rekomendasi dari IER (*International Earth Rotation and Reference Systems*), maka ditambahkan leap seconds pada TAI agar mendekati UT1 bertujuan untuk menjamin bahwa dalam setahun posisi tertinggi Matahari tidak bergeser lebih dari 0.9 sekon dari pukul 12:00:00 UTC pada garis meredian Greenwich. Dengan demikian UTC merupakan referensi skala waktu yang lebih modern dari Greenwich Mean Time (GMT) karena GMT berbasis pada posisi matahari (waktu Solar) murni.⁶³

Di Indonesia, UTC dikelola di Laboratorium Standar Waktu & Frekuensi, Puslit KIM - LIPI, dinotasikan sebagai UTC (KIM). Sistem *timekeeping* didukung oleh beberapa *Cesium Clocks*, *Hydrogen Maser* dan *GPS Time Transfer System* yang mengimplementasikan *BIPM All in View* dan *Common View* untuk menjamin UTC (KIM) mendekati UTC dalam orde nanosecond. Masyarakat Indonesia dapat mensinkronkan waktunya dengan waktu UTC (KIM) dengan menggunakan layanan NTP (Network Time Protocol).⁶⁴

e. Waktu bintang (*Siderial Time*)

Waktu yang didasarkan pada peredaran harian bintang-bintang. Sekali peredaran bintang di langit memerlukan waktu 23 jam 56

⁶² *ibid.*

⁶³ *ibid.*

⁶⁴ *ibid.*

menit 4.099 detik menurut Waktu Matahari Menengah (*Solar Mean Time*). Jam 00.00.00 waktu bintang adalah ketika titik aries berkulminasi atas. Waktu bintang ini digunakan dalam praktik pengamatan astronomi, terutama untuk menentukan sudut waktu jam bintang.⁶⁵

C. Jam Matahari

1. Sejarah Jam Matahari

Dahulu, manusia mengukur waktu dengan mengamati bayang-bayang pepohonan memendek saat pagi hari berlalu dan memanjang kembali setelah tengah hari sampai matahari terbenam. Dengan begitu, setiap bayangan yang terbentuk dari benda vertikal dapat digunakan untuk menunjukkan berjalannya waktu. Selain menggunakan perubahan panjang bayangan, metode perubahan arah bayangan secara historis lebih banyak dipakai daripada metode panjang bayangan. Di pagi hari saat matahari terbit di timur, bayangan ada di barat. selanjutnya, bayangan tadi berayun ke utara dan kemudian ke timur, di mana ia menunjukkan matahari terbenam di barat.⁶⁶

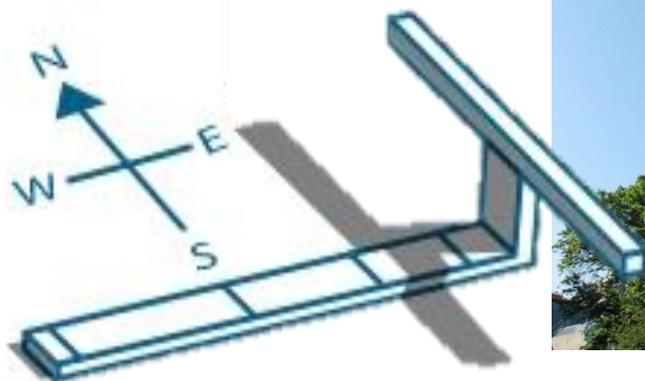
Jalur perjalanan matahari dalam setahun dapat di lacak dengan bantuan gnomon dan mengatur batu di beberapa posisi ujung bayangan lima atau enam kali setiap hari. Bila titik-titik tersebut dihubungkan, Hasilnya adalah ilustrasi grafis matahari yang menunjukkan pergantian musim. di Mesopotamia (sekarang Irak), bayangan terpendek terjadi

⁶⁵ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak, op.cit.*, hal. 91.

⁶⁶ Lawrence E. Jones, *The Sundial and Geometry: an Introduction For The Classroom*, Second Edition, Glastonbury: North American Sundial Society, 2005, hal. 1.

sekitar tanggal 21 Juni dan yang terpanjang sekitar 22 Desember. Bayangan membentuk garis lurus terjadi sekitar bulan Maret 21 dan lagi sekitar 23 September). Pengetahuan dasar tentang musim ini menjadi penting untuk masyarakat pertanian pada masa awal, sehingga dapat diasumsikan bahwa inilah sebab mereka memunculkan jam matahari primitif pertama. Sejarawan Yunani, Herodotus (484-425 SM) menyatakan dalam tulisannya bahwa jam matahari ini berasal Babilonia di lembah-lembah subur sungai Tigris dan Efrat.⁶⁷

Eksistensi Jam matahari tertua berasal Mesir pada masa Thutmose III (abad 15 SM). Perangkat ini kini disimpan di Museum Berlin.⁶⁸ Tongkat Waktu berbentuk T ini terdiri dari tongkat vertikal dan palang di atasnya. Sebelum itu, Gnomon (tongkat penghasil bayangan) berbentuk obelisk (tugu) juga telah digunakan di Mesir untuk pengukuran waktu dan pengaturan kalender. Obelisk ini berbentuk tinggi, ramping,



Sumber: www.ncetm.org.uk
Gambar 3: Egyptian Shadow clock



Sumber:
<http://www.joanannlansberry.com>
Gambar 4: Cleopatra Needle

⁶⁷ *ibid.*, hal. 3.

⁶⁸ *ibid.*, hal. 4.

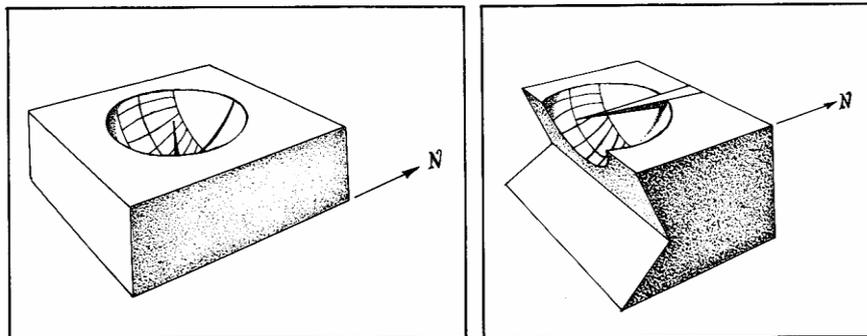
meruncing, dengan menara batu empat sisi, yang disebut *Cleopatra's Needles*.⁶⁹

Pada abad ke-3 SM, Sejumlah desain jam matahari sederhana mulai dikembangkan di Yunani. Aristarchus disebutkan telah merancang jam matahari yang disebut *Hemispherium*. Sebuah batu yang dilubangi; dilengkapi gnomon berupa pin vertikal yang didirikan di titik pusat batu. Ujung pin menggambarkan jalur matahari saat bergerak melintasi langit. tanda vertikal di atas permukaan membagi periode siang hari ke dua belas jam, dan garis horizontal menggambarkan musim dan bulan. Jenis jam matahari serupa ditemukan di bagian dasar *Cleopatra Needle* di Alexandria ketika situs itu digali pada tahun 1852, sekarang ada di British Museum.⁷⁰ Jam matahari tersebut adalah "hemi-siklus" (belahan bumi) yang diciptakan oleh astronom Kaldea Berosus. Dial dari Berosus tetap digunakan selama berabad-abad sejak penemuannya di abad keempat.⁷¹

⁶⁹ Chai Qian Hao, et al. "Methods Of Telling Time" Paper Heavenly Mathematics: Cultural Astronomy, Singapura, National University of Singapore, tt, hal. 5, td.

⁷⁰ Lawrence E. Jones, *The Sundial and Geometry: an Introduction For The Classroom*, *op.cit.*, hal. 4.

⁷¹ Chai Qian Hao, et al. "Methods Of Telling Time" *op. cit.*, hal. 4.



Sumber: *The Sundial and Geometry: an Introduction For The Classroom*

Gambar 5

Kiri: *Hemispherium of Aristarchus*, kanan: *Hemicyclium of Berosus*

Pada saat penaklukan Romawi, jam matahari juga ikut terbawa ke Italia (Roma). jam matahari pertama untuk dibawa ke Roma didirikan di alun-alun.⁷² Jam matahari tersebut dibawa dari Sisilia ke Roma (lintang yang berbeda) dan memberikan waktu yang salah untuk orang Romawi selama hampir seabad. Hal itu dikarenakan orang-orang Romawi tidak menyadari bahwa jam matahari harus dibangun secara berbeda sesuai dengan lintang tempat jam matahari itu berada.⁷³

Satu Jam matahari yang terkenal adalah yang dipasang di *Campus Martius* (Lapangan Mars) di Roma oleh Kaisar Augustus, untuk memperingati kemenangannya di Mesir. Pada abad ke-10 SM, ia membawa obelisk (*Cleopatra's Needles*) dengan tinggi hampir 22 meter yang dibawa dari Heliopolis (Mesir) ke Roma. Di atas obelisk itu ada bola yang dirancang untuk menetralkan efek penumbra dengan Dial

⁷² Denis Savoie, *Sundials, Design, Construction, and Use*, *op.cit.*, hal.26.

⁷³ Chai Qian Hao, et al. "Methods Of Telling Time" *op. cit.*, hal. 6.

panjang hampir 150 meter dan lebar 75 meter. Padahal Mesir sendiri tidak pernah menggunakan obelisk itu sebagai jam matahari.⁷⁴

Meskipun desain baru telah membawa penyempurnaan, semua jam matahari di masa awal ini menunjukkan waktu yang diukur dalam jam sementara (temporal)⁷⁵. Karena posisi matahari di langit berubah setiap hari, panjang hari dari matahari terbit hingga terbenam berubah juga. Oleh karena itu, masing-masing dari dua belas waktu dalam sehari musim panas lebih panjang daripada masing-masing dalam satu hari musim dingin. Selain perubahan musim ini, ada perubahan antara siang dan malam. Misalnya, setiap periode siang di musim panas lebih lama dari setiap periode malam di musim panas. Metode ketepatan waktu berdasarkan jam sementara ini tetap digunakan sampai sekitar abad keempat belas.⁷⁶

Pada abad pertengahan, Peradaban bangsa Arab-Islam, yang mewarisi beberapa pengetahuan astronomi dari Yunani kuno, mengembangkan trigonometri bola, dan memperkenalkan kemajuan besar pada jam matahari. Mereka tidak lagi menggunakan gnomon horizontal atau vertikal, bangsa Arab-Islam menempatkan gnomon paralel untuk sumbu

⁷⁴ Denis Savoie, *Sundials, Design, Construction, and Use*, *op.cit.*

⁷⁵ Jam Temporal, dikenal juga sebagai *seasonal hours*, *unequal hours* adalah Jam yang dihasilkan oleh pembagian periode dari matahari terbit sampai matahari terbenam atau dari matahari terbenam ke matahari terbit menjadi bagian yang sama. Konsekuensinya, ketika siang hari dibagi menjadi 12 bagian akan menghasilkan jam yang tidak sama sepanjang tahun karena pergantian musim, matahari berada di meridian atas pada jam 6 untuk musim apapun. panjang durasi satu jam ini bervariasi bergantung pada musim dan jarak dari ekuator. Lihat: Noel Ta'bois, "Hours and hours" Sundials on the Internet, diakses dari <http://www.sundials.co.uk/tbhoul.htm> pada 07 Desember 2015 pukul 22.45.

⁷⁶ Lawrence E. Jones, *The Sundial and Geometry: an Introduction For The Classroom*, *op.cit.*, hal. 5.

rotasi bumi, yaitu menunjuk Kutub Langit yang dikenal sebagai *polar style*. Sistem ini dapat menunjukkan bahwa panjang jam secara konsisten 60 menit dapat digunakan sepanjang tahun, dan terlebih lagi, seluruh bayangan menunjukkan jam, bukan hanya ujungnya. Dengan kata lain, meskipun panjang bayangan berubah secara musiman, bayangan menunjuk ke arah yang sama pada waktu yang sama sepanjang tahun.⁷⁷ Dengan begitu penemuan besar gnomon paralel dengan sumbu bumi ini adalah langkah lebih maju dalam bidang ketepatan waktu (*Timekeeping*), karena dengan ini, waktu yang ditunjukkan oleh jam matahari adalah waktu yang sama.⁷⁸

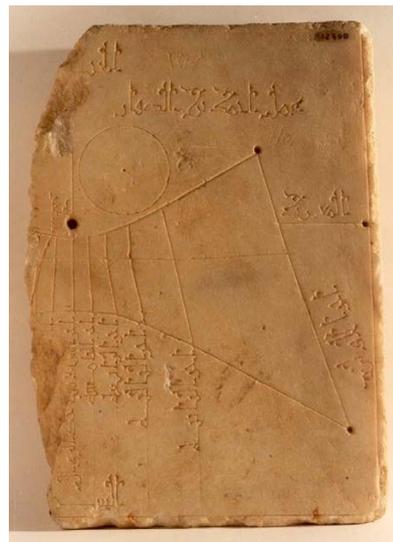
Jam matahari Islam digunakan untuk menunjukkan waktu dhuhur dan ashar. Shalat dhuhur dimulai tepat setelah tengah hari bayangan melintasi meridian, atau ketika bayangan telah diamati bertambah sekitar $\frac{1}{4}$ panjang gnomon (di Andalusia dan Afrika Utara abad pertengahan). Shalat ashar dimulai ketika bayangan gnomon vertikal melebihi panjang gnomon, dan berakhir saat matahari terbenam atau ketika kelebihan bayangan sama dengan dua kali panjang gnomon. Definisi waktu shalat ashar terinspirasi oleh rumus populer yang berkaitan dengan waktu dalam jam musiman. jika untuk melakukan shalat dhuhur adalah saat siang hari

⁷⁷ Denis Savoie, *Sundials, Design, Contruction, and Use, op.cit.*, hal. 29.

⁷⁸ *Equal Hours*, jam dengan panjang yang sama. Waktu dimulai dengan berlalunya meridian bawah, sekitar tengah malam, sampai pada meridian bawah berikutnya, waktu dalam sehari dibagi menjadi 24 jam dengan panjang yang sama. Disebut juga jam ekuinoksial (*Equinoctial Hours*). Lihat: Helmer Aslaksen, "Different Classification of Hours," Department of Mathematic, Science Faculty, National University of Singapore, diakses dari http://www.math.nus.edu.sg/aslaksen/projects/sundials/dial_furniture_hours.html pada 07 Desember 2015 pukul 23.36.

telah berlalu enam jam, maka shalat ashar persis antara siang dan matahari terbenam yaitu ketika siang hari berlalu sembilan jam sejak subuh. Saat itu, jam matahari adalah perangkat yang paling akurat untuk mengatur waktu kedua shalat tersebut.⁷⁹

Jam matahari terbawa dunia Islam adalah karena banyak di antara tanah yang ditaklukkan oleh Islam pernah menjadi bagian dari dunia Helenistik atau Romawi di mana ada tradisi kuat jam matahari. Sekitar tahun 700 M, Khalifah Abd al-Aziz dari Bani Umayyah, yang berkuasa di Damaskus telah menggunakan jam matahari Graeco-Romawi untuk mengatur waktu shalatnya dengan jam musiman.⁸⁰



Sumber: Sundials in Medieval Islamic Science and Civilization
Gambar 6:

Jam Matahari Islam pertama di Cordoba karya Ibnu al-Saffar

Jam Matahari Islam pertama muncul dari abad kesebelas di Cordoba (Gbr. 6) adalah karya Ibnu al-Saffar,. Dial ini menampilkan garis untuk jam musiman, garis awal musim, dan garis penanda untuk shalat dhuhur dan ashar. Panjang gnomon vertikal sama dengan jari-jari lingkaran di piringan. Kini dipelihara di Museum Arqueológico Provincial de Córdoba.⁸¹

⁷⁹ J. L. Berggren, Sundials in Medieval Islamic Science and Civilization, dalam *The Compendium*, Vol.8 No. 2, edisi Juni 2001, hal. 8.

⁸⁰ *ibid.*

⁸¹ *ibid.*, hal. 10.

Di paruh kedua abad keempat belas, Sebuah dial horizontal dibuat oleh astronom Ibn al-Shatir untuk Masjid Umayyah di Damaskus pada 1371. Ini adalah jam matahari tertua dengan kesejajaran *polar axis* yang masih ada.⁸² Jam matahari ini menampilkan waktu sejak matahari terbit di pagi hari, waktu sebelum matahari terbenam di sore hari, dan waktu sampai atau setelah tengah hari. Itu ditempatkan di salah satu menara masjid dan benar-benar menunjukkan pada pemakainya, yang menjadi pencatat waktu resmi di masjid, kepada waktu relatif shalat sepanjang hari.⁸³

Sebuah ciri istimewa menakjubkan Jam Matahari Ibn al-Shatir adalah jam matahari pertama dengan gnomon paralel pada sumbu kutub. Ini adalah bukti bahwa itu adalah penemuan muslim, bukan orang Eropa dari Renaissance, yang memperkenalkan jam matahari dengan gnomon sejajar (paralel) dengan sumbu bumi.⁸⁴

Kemunculan gagasan mengenai jam matahari *polar axis* di Eropa membutuhkan waktu yang lama. Contoh jam matahari tertua ada di Jerman (1446) dan beberapa di Austria dari periode 1447 - 1457. Namun, tidak satupun dari banyak naskah Eropa abad ke-14 dan ke-15 yang menerangkan mengenai konstruksi jam matahari yang menyebutkan ide

⁸² Lawrence E. Jones, *The Sundial and Geometry: an Introduction For The Classroom*, *op.cit.*, hal. 6.

⁸³ J. L. Berggren, *Sundials in Medieval Islamic Science and Civilization*, *op. cit.*, hal. 12.

⁸⁴ *ibid.*

dari gnomon *polar axis* untuk menunjukkan jam yang sama (*equal hours*).⁸⁵

Selain jam matahari, ada beberapa instrumen pengukuran waktu lainnya yang ikut andil dalam sejarah penggunaan waktu, mulai dari penggunaan waktu lokal oleh jam matahari sampai penggunaan waktu standar oleh GMT dengan koreksi UTC yang menggunakan waktu atomik. Tabel berikut ini adalah instrumen-instrumen tersebut:

3500 SM	Jam Matahari , digunakan di Mesir untuk mengukur waktu sehari berdasarkan gerakan matahari, menggunakan perangkat pembentuk bayangan yang disebut gnomon
1400 SM	Jam Air , diyakini pertama kali digunakan di Mesir. Orang Yunani kemudian menamakannya <i>Clepsydras</i> . Air mengalir dalam perangkat dengan kecepatan hampir konstan untuk meningkatkan float (pelampung) dalam wadah yang terhubung ke pointer dengan skala di sampingnya.
1000 M	Lilin , Alfred the Great (Raja Saxon) membakar lilin untuk mengukur waktu. Lilin juga digunakan oleh orang-orang Mesir dan Romawi. Tanda waktu dibuat sepanjang lilin.
Abad ke-14	Jam Pasir , jam pasir (<i>Hourglass</i>) atau <i>sandglass</i> diyakini diciptakan di Eropa sekitar abad ke-14. Sandglasses pertama kali digunakan untuk mengukur waktu memasak. Pasir atau air mengalir antara dua ruang dalam jangka waktu tertentu.
1285 M	Jam Mekanik , penemu dan kapan perangkat ini diciptakan masih belum diketahui. Beberapa percaya mereka dibangun di Eropa. Cara kerja Jam ini adalah beban digerakkan dan dibuat sedemikian rupa mengulangi gerakan secara mekanissiklus.
1510 M	Jam Pegas , diciptakan oleh Peter Henlein dari Nuremberg, Jerman. Jam ini bekerja menggunakan per.
1583 M	Jam Pendulum , diciptakan oleh Christian Huygens. dinilai lebih akurat dalam menunjukkan waktu dengan ketelitian hingga ke unit detik.
1929 M	Jam Quartz , diciptakan oleh Warren A. Marrison dan

⁸⁵ Lawrence E. Jones, *The Sundial and Geometry: an Introduction For The Classroom*, *op.cit.*

1949 M	<p>J.W. Horton. Kristal kuarsa berdetak ketika medan listriknya berlainan. Getaran ini menghasilkan sinyal listrik yang konstan.</p> <p>Jam Atom, National Bureau of Standards (sekarang National Institute of Standards dan Technology) membangun jam atom pertama, menggunakan amonia. Setelah itu National Physical Laboratory Inggris menemukan Jam cesium pada tahun 1955</p>
---------------	---

Sumber: Methods Of Telling Time, Heavenly Mathematics: Cultural Astronomy, National University of Singapore

Tabel 1: Alat pengukuran waktu dalam lintasan sejarah

2. Prinsip Umum Jam Matahari

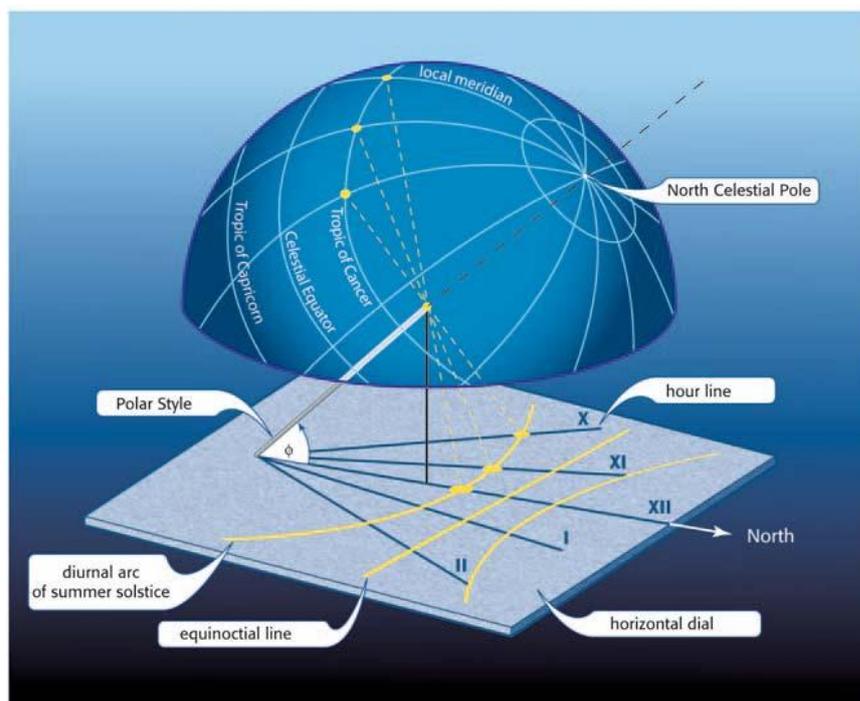
Jam matahari (*Sundial*) terdiri dari permukaan disebut meja dial (pelat dial) yang di atasnya ditandai dengan satu set garis jam (*hour lines*), dan *style*⁸⁶, pembentuk bayangan yang jatuh di atas meja dial. Meja dial ini bisa horizontal, vertikal atau miring dengan sudut tertentu. Adapun *style*, dapat disetel berdasarkan meja dial, sejajar dengannya, dan dapat juga mengarah ke titik di kutub langit atau tegak lurus terhadap meja dial.⁸⁷

Sekarang, dalam bahasa arab modern, jam matahari diistilahkan sebagai *Mizwala/Sa'ah Syamsiyyah*. Hal ini berbeda dengan istilah yang digunakan oleh zaman Islam abad pertengahan. Pada masa itu, jam matahari horizontal banyak disebut sebagai *rukhamah* (arab: marmer) atau *basitha* (arab: datar). Sedangkan jam matahari vertikal dikenal sebagai

⁸⁶ Secara teknis, pembentuk bayangan pada Jam Matahari disebut dengan Gnomon berasal dari bahasa Yunani yang berarti "sesuatu/seseorang yang tahu". Sisi miring dari gnomon yang berperan sebagai penghasil bayangan yang mengindikasikan waktu disebut dengan *Style*. Gnomon menunjukkan saat waktu tertentu (momentum), bukan selang/interval waktu. Lihat: Chai Qian Hao, et al. "Methods Of Telling Time" *op. cit.*, hal. 16.

⁸⁷ Denis Savoie, *Sundials, Design, Contruction, and Use, op.cit.*, hal. 37.

munharifa (arab: miring; condong). Untuk penyebutan gnomon sering digunakan istilah *syakhs* (stik) atau *Miqyas* (ukur).⁸⁸



Sumber: Sundials: Design, Construction, and Use

Gambar 7a:

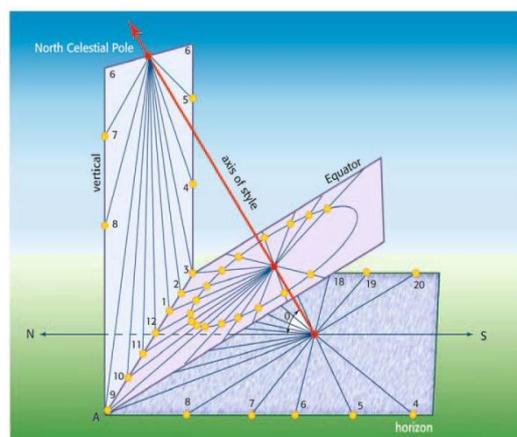
Proyeksi gerakan matahari pada bidang dial

Tanda di atas permukaan meja dial merupakan proyeksi lingkaran bola langit ke permukaan bidang datar. Sebagai bayangan, sebuah bola transparan yang ditandai dengan garis ekuator, dua garis tropis (Garis Balik Utara Dan Garis Balik Selatan), dan garis bujur yang satu sama lain terpisah 15° yang ditempatkan diatas bidang dial dan sedemikian rupa gnomon *polar style* mengarah ke kutub utara langit (Gbr. 7a). Proyeksi meridian/bujur di atas bidang dial adalah dalam bentuk garis lurus-garis

⁸⁸ David A. King, "Mizwala" dalam David A. King, *Astronomy in The Service of Islam*, Great Britain: Variorum, 1993, hal. 1.

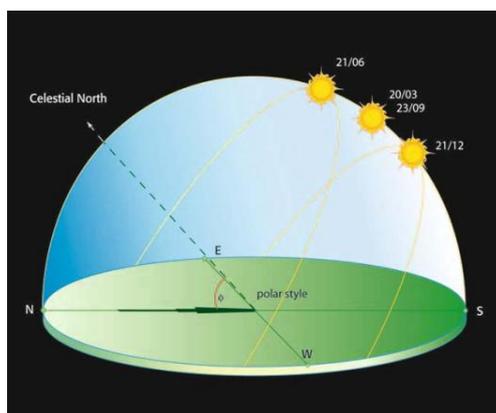
jam dial. Khatulistiwa juga akan diproyeksikan sebagai garis lurus, yang dikenal sebagai garis ekuinoksial, dan dua garis tropis akan diproyeksikan dalam bentuk hiperbola sebagai busur harian.⁸⁹

Selisih meridian pada bola langit dengan sudut 15° adalah hasil dari $360^\circ/24$ dimana Matahari diasumsikan bergerak sebanyak 360 dalam 24 jam. Namun, hasil proyeksi meridian tersebut tidak selalu 15° , tergantung pada apakah meridian diproyeksikan; permukaan bidang horisontal, vertikal atau miring.⁹⁰



Sumber: Sundials: Design, Construction, and Use

Gambar 7b: Proyeksi meridian langit menjadi garis jam pada bidang dial



Sumber: Sundials: Design, Construction, and Use

Gambar 7b: Arah bayangan matahari pada dial *polar style* tidak berubah pada bidang sebuah meridian (lingkaran besar yang melalui kutub),

Jika gambar bola langit pada gambar 7a dihapus dengan menyisakan sumbu kutubnya, maka akan tampak jam matahari horisontal dengan garis jamnya, busur harian dan sumbu yang disebut *polar style*. Dengan

begitu, ketika Matahari terletak

⁸⁹ Denis Savoie, *Sundials, Design, Construction, and Use*, *op.cit.*, hal. 38.

⁹⁰ *ibid.*

berapapun jarak sudut antara lokasi jam matahari dari ekuator tidak akan mengubah arah bayangan yang dibentuk oleh *polar style*. Dalam istilah yang lebih teknis, ini berarti bahwa arah bayangan independen terhadap deklinasi matahari.⁹¹

3. Macam-macam Jam Matahari

a. Jam matahari Ekuatorial



Sumber: sundialsoc.org.uk
Gambar 8:
Jam Matahari Ekuatorial

Gambaran sederhana dari jam matahari ini adalah sebuah bidang yang dimiringkan berfungsi sebagai dial diposisikan tegak lurus dengan gnomon dan sejajar dengan ekuator. Garis jam pada bidang dial adalah berupa garis lurus yang bertemu di pusat dial dengan selisih sudut 15° satu sama lain.⁹²

1) Prinsip jam matahari Ekuatorial

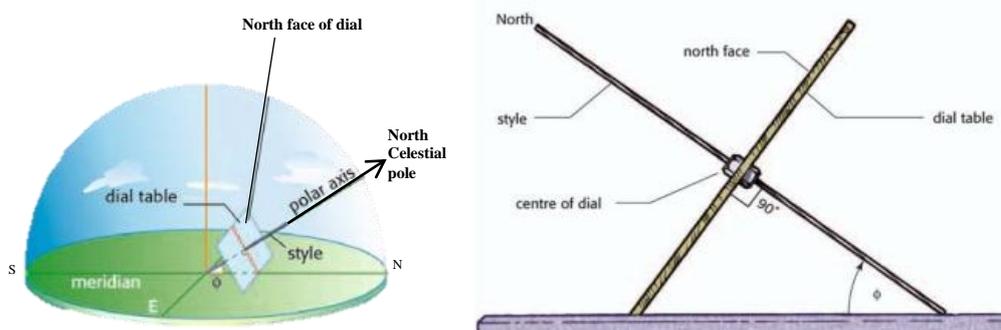
a) Bidang dial

Gnomon jam matahari ekuatorial menebarkan bayangan ke bidang dial yang sejajar dengan sumbu rotasi bumi. Gnomon ini sejajar dengan meridian lokal dan membuat sudut dengan bidang horizontal yang sama besarnya dengan derajat lintang lokal (φ). Sedangkan untuk bidang dial membentuk sudut

⁹¹ *ibid.*, hal. 39.

⁹² Rene R.J. Rohr, *Sundials: History, Theory and Practice*, New York : Dover Publications, 1996, hal. 46.

siku-siku (90°) terhadap gnomon yang dengan demikian posisinya sejajar dengan ekuator dan membentuk sudut terhadap bidang horizontal sebanyak $90^\circ - \varphi$.⁹³



Sumber: Sundials: Design, Construction, and Use

Gambar 9: Kiri: *Equatorial Sundial* terhadap bola langit, kanan: konstruksi sundial ekuatorial

b) Bayangan Gnomon

Bayangan tidak bergerak ke arah yang sama di kedua permukaan dial. Pada sisi yang menghadap ke utara, bayangan perjalanan searah jarum jam, sebaliknya di sisi yang menghadap ke selatan, bayangan berjalan berlawanan dengan arah jarum jam.⁹⁴

c) Garis Jam

Karena Matahari bergerak dengan kecepatan 15° / jam sepanjang ekuator dan bidang dial yang sejajar dengan garis ekuator, sudut antara setiap garis jam adalah 15° .

⁹³ Denis Savoie, *Sundials, Design, Construction, and Use, op.cit.*, hal. 59.

⁹⁴ *ibid.*

b. Jam matahari horisontal

Jam Matahari horisontal adalah sundial yang paling banyak digunakan sebagai penghias di taman.⁹⁵ Jam matahari ini terdiri dari dua bagian. Bidang dial berupa permukaan datar dengan tanda garis yang



Sumber:
www.wsanford.com
Gambar 10: The
Brookside Gardens
Botanical Sundial
(BGBS), Maryland,
USA

menunjukkan jam. Gnomonnya berupa segitiga yang menjulang tegak lurus di atas permukaan dial dengan sudut sisi miring sebesar derajat lintang lokal. Ketika matahari bersinar, gnomon melemparkan bayangan ke bidang dial, sehingga dapat menunjukkan jam dari skala garis jam yang ditunjuk oleh bayangan gnomon.⁹⁶

1) Prinsip jam matahari horisontal

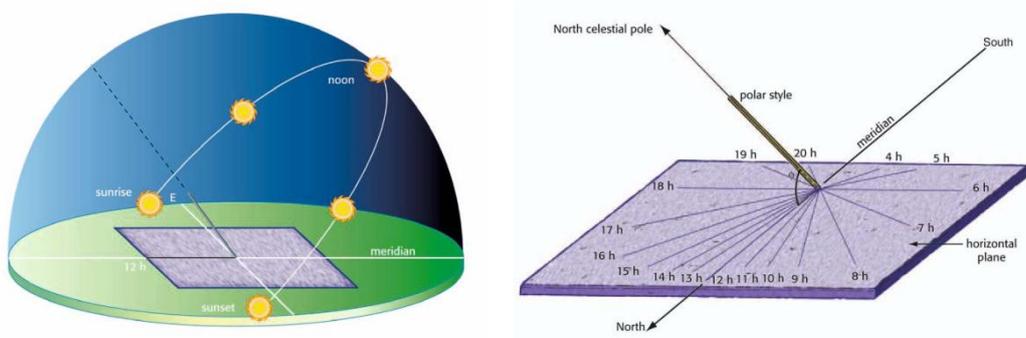
a) Dial

Jam matahari horisontal terdiri dari bidang horizontal yang ditandai garis jam, dan gnomon yang mengarah ke Kutub Utara Langit berfungsi untuk membentuk bayangan yang jatuh ke atas bidang dial. Ketika bayangan terletak pada salah

⁹⁵ Rene R.J. Rohr, *Sundials: History, Theory and Practice, op. Cit.*, hal. 49.

⁹⁶ Lawrence E. Jones, *The Sundial and Geometry: an Introduction For The Classroom, op.cit.*, hal. 11.

satu garis jam, maka itu menunjukkan jam dalam waktu matahari. Seperti biasa, dial harus sejajar dengan meridian lokal agar dapat berfungsi dengan baik (garis tengah hari bertepatan dengan meridian). Dengan begitu, gnomon akan selalu dalam bidang vertikal dari meridian dan menunjuk ke arah Kutub Utara Langit (sudut gnomon dengan bidang dial adalah sebesar lintang lokal).⁹⁷



Sumber: Sundials: Design, Construction, and Use

Gambar 11: Kiri: *Horizontal Sundial* terhadap bola langit, kanan: konstruksi sundial Horizontal

b) Garis Jam

Garis jam pada sundial horizontal mempunyai sudut yang berbeda satu sama lain. Ada dua metode dalam penggambaran garis jam ini, yaitu menggunakan geometri dan trigonometri.⁹⁸

(1) Metode penandaan dengan rumus trigonometri

Kita dapat menghitung sudut antar garis jam pada dial horizontal, jika mengetahui lintang lokal (φ). Sudut H'

⁹⁷ Denis Savoie, *Sundials, Design, Construction, and Use, op.cit.*, hal. 67.

⁹⁸ *Ibid.*, hal.70.

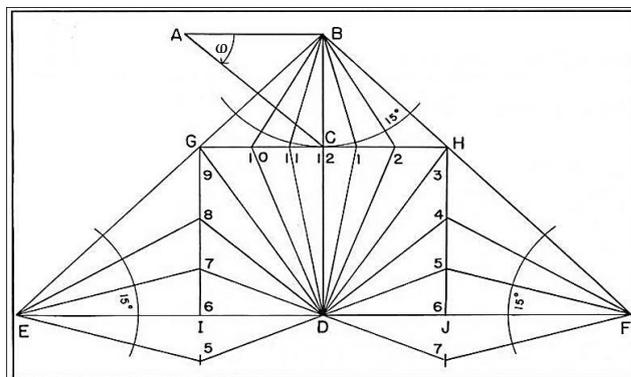
antara garis jam dan garis tengah hari untuk dial horisontal dapat dihitung dengan rumus:

$$\tan H' = \sin \varphi \tan H$$

Dimana H adalah sudut jam matahari ($H = 0^\circ$ pada garis tengah hari, $H = 15^\circ$ pada jam 13, $H = 30^\circ$ pada jam 14, ..., $H = -15^\circ$ pada jam 11, dan seterusnya.)⁹⁹

(2) Metode Penandaan dengan geometri

Secara historis, metode geometris lebih dulu ada dan populer daripada metode trigonometri. Langkah-langkah membuat garis jam dial horizontal dengan geometri, dengan memperhatikan gambar, sebagai berikut:¹⁰⁰



- Gambar garis AB tegak lurus di titik B.
- Di titik A, dibuat garis AC, dengan sudut BAC sebesar lintang tempat jam matahari.
- Buat garis CD sama panjangnya dengan garis CA.
- garis EF tegak lurus terhadap DB, DE dan DF sama panjang dengan DB.
- Hubungkan titik B dengan E, dan B dengan F.
- GH tegak lurus dengan BC

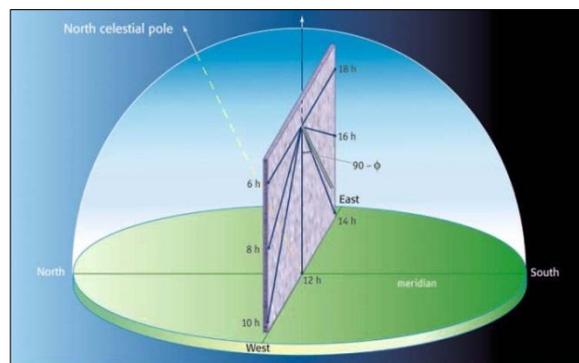
⁹⁹ *Ibid.*, hal. 71.

¹⁰⁰ Lawrence E. Jones, *The Sundial and Geometry: an Introduction For The Classroom*, *op.cit.*, hal. 15.

- g. GI dan HJ tegak lurus dengan EF.
- h. Pada titik E, B, dan F, gambar busur dengan jari-jari sepanjang BC.
- i. Bagilah busur ini menjadi masing-masing 15 derajat, dan memperpanjang setiap radius sampai memenuhi sisi persegi panjang GHJJ.
- j. Garis yang tergambar dari titik D ke titik-titik persimpangan adalah garis jam untuk jam matahari.¹⁰¹

c. Jam Matahari Vertikal

Jika jam matahari horizontal sering digunakan sebagai penghias di taman, Jam matahari vertikal adalah jenis yang paling sering dijumpai, dan ditemukan di dinding rumah-rumah tua, dan bangunan bersejarah, gereja-gereja dan monumen. Mereka sering disajikan bersama motto.¹⁰²



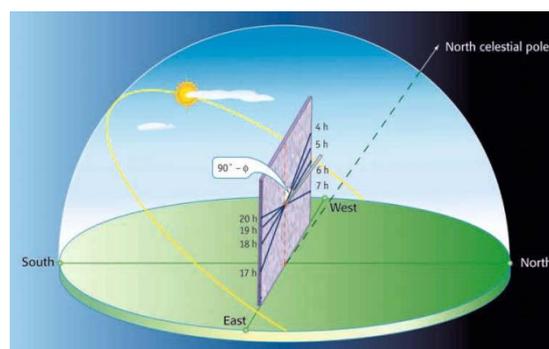
Sumber:
Sundials: Design,
Construction, and
Use
Gambar 12:
Direct south atau
jam matahari
meridional.

Ada dua macam jam matahari yang merujuk pada jam matahari vertikal; yang pertama adalah *direct vertical dial* merupakan dial vertikal yang menghadap langsung ke arah titik-titik tepat 4 arah mata angin. Dari keempat arah mata angin, jam matahari vertikal ini paling sering menghadap ke utara (gambar 13) dan ke selatan (gambar 12). Gnomon diatur miring sebesar sudut dengan 90° - lintang lokal. Garis

¹⁰¹ *Ibid.*, hal.16.

¹⁰² Denis Savoie, *Sundials, Design, Construction, and Use, op.cit.*, hal. 89.

jam dial utara searah jarum jam sedangkan yang untuk dial Selatan berlawanan arah dengan arah jarum jam.¹⁰³ Sedangkan untuk perhitungan garis jamnya sama halnya dengan perhitungan pada Jam matahari horizontal.¹⁰⁴



Sumber: Sundials: Design, Construction, and Use
Gambar 13: *Direct north* atau jam matahari septentrional.

Dibandingkan dengan dial Timur dan Barat, dial Utara dan Selatan terbukti lebih berguna, karena dial Utara dan Selatan dapat digunakan sepanjang hari sedangkan masing-masing dial Timur dan Barat hanya dapat mengukur setengah waktu sehari. Dial timur hanya dapat digunakan sebelum tengah hari karena saat sore hari, matahari berada di Barat. Demikian juga untuk dial Barat, hanya dapat digunakan pada sore hari.¹⁰⁵ Jam Matahari vertikal lainnya adalah *Declining vertical dials*. dial tidak menghadap menuju titik kompas tepat. Jenis dial ini adalah dial Timur laut, dial Barat laut, dial Tenggara dan dial Barat daya. Untuk menjadi sejajar dengan sumbu bumi, gnomon pada dial ini akan pada sudut yang lebih rendah daripada co-latitude ($90^\circ - \varphi$).¹⁰⁶

¹⁰³ Chai Qian Hao, et al. "Methods Of Telling Time" *op. cit.*, hal. 26.

¹⁰⁴ Denis Savoie, *Sundials, Design, Construction, and Use, op.cit.*, hal. 91.

¹⁰⁵ Chai Qian Hao, et al. "Methods Of Telling Time" *op. cit.*, hal. 27.

¹⁰⁶ *Ibid.*, hal. 28.

BAB III

**JAM MATAHARI DI KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN
PERUMAHAN RAKYAT**

A. Sekilas tentang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

“Pekerjaan Umum” terjemahan istilah bahasa Belanda "*Openbare Werken*" yang pada zaman Hindia Belanda disebut "*Waterstaat swerken*". Di pusat pemerintahan dibina oleh Departemen *Van Verkeer & Waterstaat* (V & W) yang merupakan departemen Transportasi dan Air. Departemen ini dikepalai oleh seorang Direktur, yang membawahi beberapa *Afdelingen* (divisi) dan *Diensten* (layanan) yang sesuai dengan tugas dan wewenang departemen ini. Bidang Pekerjaan Umum (*openbare werken*) termasuk dalam *afdeling Waterstaat* (Divisi Perairan), dengan *onder afdelingen* (sub bagian): *Lands gebouwen* (Bangunan dan Tanah), *Wegen* (Jalan), *Irrigatie & Assainering* - (Irigasi dan Sanitasi), *Water Kracht* (Pemberdayaan Air), *Constructie bureau* (Biro Konstruksi Jembatan). Bidang Pekerjaan Umum (*Openbare Werken*) juga ada di *afd. Havenwezen* (Pelabuhan), *afd. Electriciteitswezen* (Kelistrikan) dan *afd. Luchtvaart* (Penerbangan Sipil).¹

Pekerjaan Umum pada Jaman Pendudukan Jepang, kantor pusat *Van Verkeer & Waterstaat* (V & W) di Bandung, dinamakan *Kotubu Bunsitsu*.

¹ “Dari Masa ke Masa” PU-net, diakses dari http://www.Pekerjaan_Umum.go.id/content/show/34/Dari-Masa-Ke-Masa pada 10 desember 2015 Pekerjaan Umum kul 15.03

Sejak saat itu istilah Pekerjaan Oemoem (P.O), Oeroesan Pekerdjaaan Oemoem (O.P.O), lazim dipergunakan.²

Berdasarkan pada Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015 Tentang Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat mempunyai tugas dan fungsi:

“Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat mempunyai tugas menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat untuk membantu Presiden dalam menyelenggarakan pemerintahan negara”. Dalam melaksanakan tugas sebagaimana dimaksud dalam pasal 2, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat menyelenggarakan fungsi (pasal 3):

- a. Perumusan, penetapan, dan pelaksanaan kebijakan di bidang pengelolaan sumber daya air, penyelenggaraan jalan, penyediaan perumahan dan pengembangan kawasan permukiman, pembiayaan perumahan, penataan bangunan gedung, sistem penyediaan air minum, sistem pengelolaan air limbah dan drainase lingkungan serta persampahan, dan pembinaan jasa konstruksi;
- b. Koordinasi pelaksanaan tugas, pembinaan, dan pemberian dukungan administrasi kepada seluruh unsur organisasi di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
- c. Pengelolaan barang milik/kekayaan negara yang menjadi tanggung jawab Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
- d. Pengawasan atas pelaksanaan tugas di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
- e. Pelaksanaan bimbingan teknis dan supervisi atas pelaksanaan urusan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat di daerah;
- f. Pelaksanaan penyusunan kebijakan teknis dan strategi keterpaduan pengembangan infrastruktur Pekerjaan Umum dan perumahan rakyat;
- g. Pelaksanaan penelitian dan pengembangan di bidang Pekerjaan Umum dan perumahan rakyat;
- h. Pelaksanaan pengembangan sumber daya manusia di bidang Pekerjaan Umum dan perumahan rakyat; dan
- i. Pelaksanaan dukungan yang bersifat substantif kepada seluruh unsur organisasi di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.³

²*Ibid.*

³ Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015 Tentang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, pasal 2 dan pasal 3.

Dalam menjalankan tugas dan fungsi demikian, Kementerian ini mempunyai visi untuk mewujudkan Infrastruktur Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang handal demi terciptanya Indonesia yang berdaulat, mandiri, dan berkepribadian berlandaskan gotong royong. Untuk mencapai visi tersebut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat merumuskan misinya sebagai berikut:

- a. Mempercepat pembangunan infrastruktur sumberdaya air termasuk sumber daya maritim untuk mendukung ketahanan air, kedaulatan pangan, dan kedaulatan energi, guna menggerakkan sektor-sektor strategis ekonomi domestik dalam rangka kemandirian ekonomi;
- b. Mempercepat pembangunan infrastruktur jalan untuk mendukung konektivitas guna meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan pelayanan sistem logistik nasional bagi penguatan daya saing bangsa di lingkup global yang berfokus pada keterpaduan konektivitas daratan dan maritim;
- c. Mempercepat pembangunan infrastruktur permukiman dan perumahan rakyat untuk mendukung layanan infrastruktur dasar yang layak dalam rangka mewujudkan kualitas hidup manusia Indonesia sejalan dengan prinsip 'infrastruktur untuk semua';
- d. Mempercepat pembangunan infrastruktur Pekerjaan Umum dan perumahan rakyat secara terpadu dari pinggiran didukung industri konstruksi yang berkualitas untuk keseimbangan pembangunan antardaerah, terutama di kawasan tertinggal, kawasan perbatasan, dan kawasan perdesaan, dalam kerangka NKRI;
- e. Meningkatkan tata kelola sumber daya organisasi bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang meliputi sumber daya manusia, pengendalian dan pengawasan, kesekretariatan serta penelitian dan pengembangan untuk mendukung fungsi manajemen meliputi perencanaan yang terpadu, pengorganisasian yang efisien, pelaksanaan yang tepat, dan pengawasan yang ketat.⁴

Maka sesuai dengan misi tersebut, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dituntut untuk dapat meningkatkan sarana dan prasarana yang dapat mendukung meningkatnya budaya organisasi yang berkinerja

⁴ Rencana Strategis Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2015-2019, hal. 34-35.

tinggi dan berintegritas di lingkungan kerja Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat sendiri sehingga dapat tercapai fungsi manajemen yang baik yang meliputi perencanaan yang terpadu, pengorganisasian yang efisien, pelaksanaan yang tepat, dan pengawasan yang ketat.⁵

B. Sejarah dan Latar Belakang Jam Matahari di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Salah satu tujuan dalam Rencana Strategis Kementerian Pekerjaan Umum (2010-2014) adalah meningkatkan kapasitas kelembagaan dan SDM aparatur dan jasa konstruksi serta penelitian dan pengembangan bidang Pekerjaan Umum dan permukiman untuk meningkatkan kinerja pelayanan bidang Pekerjaan Umum dan jasa konstruksi.⁶

Berdasarkan tujuan tersebut, Kementerian Pekerjaan Umum merumuskan sasaran strategis sebagai berikut:⁷

1. Meningkatnya koordinasi, administrasi dan kualitas perencanaan, pengaturan, pengelolaan keuangan dan Barang Milik Negara (BMN), dengan *outcome*-nya: Terwujudnya pelayanan administrasi pemerintah yang baik di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum.
2. Meningkatnya kualitas kelembagaan dan Sumber Daya Manusia (SDM) aparatur, dengan *outcome*-nya: Terwujudnya pelayanan administrasi pemerintah yang baik di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum .

⁵ *Ibid.*, hal. 36.

⁶ Rencana Strategis (RENSTRA) Kementerian Pekerjaan Umum 2010 – 2014, hal. 55

⁷ *Ibid.*, hal. 59.

3. Meningkatnya kualitas prasarana, pengelolaan data, informasi dan komunikasi publik, dengan *outcome*-nya: Terwujudnya dukungan sarana dan prasarana komunikasi dan informasi yang memadai di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum.
4. Meningkatnya kapasitas dan kinerja pembina jasa konstruksi di pusat dan daerah, dengan *outcome*-nya:
 - a. Meningkatnya kualitas kelembagaan, SDM dan kebijakan pembina jasa konstruksi pusat dan daerah.
 - b. Memberikan arah pertumbuhan dan perkembangan konstruksi untuk mewujudkan struktur usaha konstruksi yang kokoh, andal, berdaya saing tinggi.
 - c. Meningkatnya kompetensi SDM konstruksi sesuai standar kompetensi kerja nasional dan internasional.
5. Meningkatnya IPTEK dan NSPM (K) siap pakai, dengan *outcome*-nya:
 - a. Meningkatnya Litbang yang masuk bursa pilihan teknologi siap pakai.
 - b. Meningkatnya kesiapan IPTEK untuk diterapkan stakeholder.
 - c. Diberlakukannya SPMK dan teknologi oleh stakeholder.
 - d. Diterimanya rekomendasi IPTEK oleh stakeholder.
 - e. Peningkatan layanan penyelenggaraan Litbang.

Untuk mencapai sasaran strategis poin ketiga, peningkatan kualitas prasarana, pengelolaan data, informasi dan komunikasi Pekerjaan Umum blik di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum, maka Kementerian Pekerjaan Umum mengadakan Program Peningkatan Sarana Dan Prasarana Aparatur Kementerian Pekerjaan Umum yang salah satu diwujudkan dalam program Pembangunan Infrastruktur dimana Indikator Kinerja Utama (IKU)-nya adalah perluasan bangunan gedung kantor Kementerian Pekerjaan Umum yang ditingkatkan dan dipelihara.⁸

Pada pelaksanaan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional II tahun 2010-2014 menekankan Strategi Pembangunan yang berwawasan Lingkungan. Hal ini dilakukan demi menanggapi terjadinya degradasi kualitas lingkungan yang saat ini telah mulai dirasakan dampaknya oleh masyarakat. Oleh karenanya, kebijakan pembangunan ke depan harus mampu mendorong peningkatan kualitas lingkungan termasuk dalam pembangunan infrastruktur Pekerjaan Umum dan permukiman. Kebijakan pembangunan tersebut diantaranya adalah dengan menerapkan konsep pengembangan infrastruktur yang ramah lingkungan (*green building* dan *green infrastructure*). Tolok ukur *green construction* adalah harmonisasi infrastruktur dan bangunan dalam jaringan dan lingkup yang lebih luas, terkait aspek-aspek iklim, sumber daya alam, ekonomi, serta sosial dan budaya. Manfaat yang paling penting dari penerapan *green construction* adalah tidak hanya sekedar melindungi sumber daya alam, tetapi juga dalam rangka mewujudkan efisiensi penggunaan energi

⁸*ibid.*, hal. 127.

dan meminimalisir kerusakan lingkungan. Manfaat lainnya yang dianggap paling penting adalah bahwa kehidupan dan kesehatan masyarakat akan menjadi lebih baik, termasuk meningkatnya kepedulian lingkungan dari masyarakat dalam mendukung pertumbuhan ekonomi lokal dan pengembangan nilai-nilai estetika lingkungan. Implementasi kebijakan pembangunan infrastruktur Pekerjaan Umum dan permukiman yang berwawasan lingkungan tersebut sepenuhnya perlu didukung oleh pengembangan dan penelitian teknologi terapan yang berwawasan atau ramah lingkungan dan harus menjadi komitmen seluruh pelaku pembangunan bidang Pekerjaan Umum dan permukiman.⁹

Oleh karenanya, Pelaksanaan program peningkatan sarana dan prasarana yang dijalankan sesuai fungsinya oleh Sekretariat Jenderal melalui Satuan Non Vertikal Tertentu (SNVT) Pengembangan, Pengendalian dan Pelaksanaan Pekerjaan Strategis Bidang PUPR Lainnya ini mengambil langkah awal dengan mengadakan pembangunan *Green Site* Kampus Kementerian Pekerjaan Umum dan Gedung Utama Kementerian Pekerjaan Umum.¹⁰

Pembangunan ini sekaligus bertujuan untuk menjadikan kompleks gedung Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat sebagai *landmark* kebanggaan nasional, dan *benchmark* (tolok ukur, standar) bangunan gedung negara Republik Indonesia. Konsep pembangunan *green site & green*

⁹ *ibid.*, hal. 79.

¹⁰ Modul Presentasi Perencanaan *Green Site* Kampus Kementerian Pekerjaan Umum dan Gedung Utama Kementerian Pekerjaan Umum, SNVT Pengembangan, Pengendalian dan Pelaksanaan Pekerjaan Strategis Bidang PUPR Lainnya, Sekretariat Jenderal Kementerian Pekerjaan Umum

building ini sehingga menerapkan prinsip *low energy consumption building* serta diharapkan dapat berperan mengurangi dampak *global warming*.¹¹

Salah satu pengaplikasian konsep *green site* ini adalah dibangunnya Jam Matahari (*Sundial*) horizontal di kompleks Gedung Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat. Jam Matahari memberdayakan cahaya yang dipancarkan matahari yang merupakan sumber daya alam terbarukan. Dengan begitu, Jam Matahari ini termasuk dalam bangunan yang ramah lingkungan sesuai dengan filosofi *green environment*. Lokasi Jam Matahari tepat ada di depan gerbang utama dan bersebelahan dengan masjid. Ketika karyawan baru datang atau saat setelah beristirahat melakukan shalat di masjid akan secara jelas melihat jam tersebut. Dengan menempatkan Jam Matahari pada lokasi ini, disamping berfungsi sebagai penyegaran dari rasa jenuh setelah bekerja, diharapkan dapat menjadi pemacu/motivasi para karyawan yang bekerja di lingkungan gedung Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat untuk ingat akan waktu. Selanjutnya, kesadaran akan waktu akan menghasilkan kinerja yang sinergi antar individu dalam organisasi masing-masing.¹²

Pengorganisasian yang berkualitas (sesuai dengan Trilogi Departemen Pekerjaan Umum; Bekerja keras, Bergerak cepat, Bertindak tepat) akan mendukung SDM yang berintegritas, produktif, kompeten, profesional, disiplin, berkinerja tinggi, dan sejahtera agar dapat mencapai 3 (tiga) *strategic goals* Kementerian Pekerjaan Umum (Tirta, Wisma 'Cipta' dan Marga) dan

¹¹ *Ibid.*

¹² Wawancara dengan Pak Aristono selaku Manager Operasional Pengelolaan Gedung Kementerian Pekerjaan Umum, di kompleks gedung Kementerian Pekerjaan Umum pada Jumat tanggal 27 Nopember 2015, Pukul 10.30.

prioritas pembangunan nasional, serta meningkatkan kinerja penyelenggaraan bidang Pekerjaan Umum dan permukiman agar tugas dan fungsi yang diemban oleh Kementerian Pekerjaan Umum dapat dijalankan dengan sebaik-baiknya.¹³

C. Fisik Jam Matahari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat



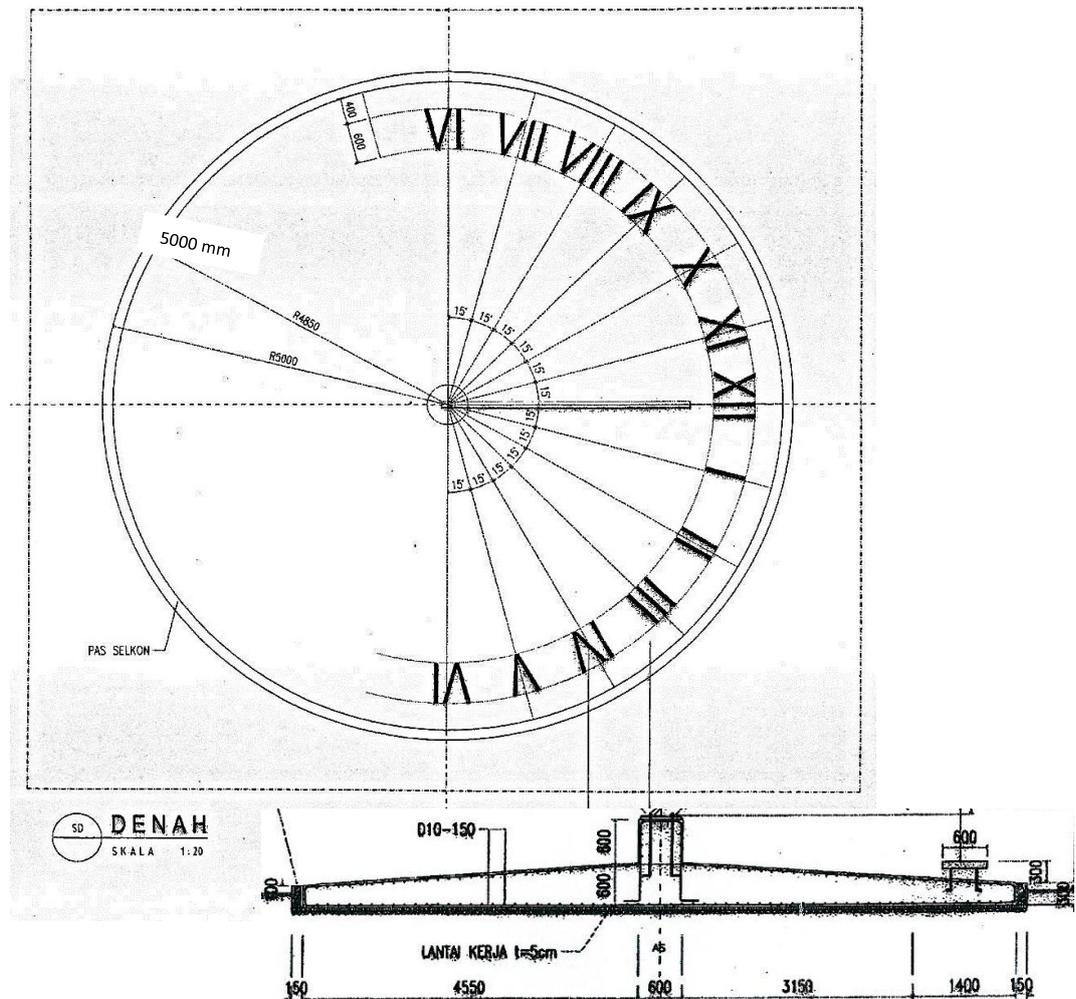
diambil pada Senin, 30 Nopember 2015,
8:55:52
Gambar 14: Jam Matahari Kementerian
PUPR

Jam Matahari Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat merupakan salah satu bangunan fisik proyek Pembangunan *Green Site* Kampus Kementerian Pekerjaan Umum dan Gedung Utama Kementerian Pekerjaan Umum

yang lokasinya ada di depan pintu gerbang kompleks gedung Kementerian PUPR dengan letak geografis $6^{\circ} 14' 12.1''$ LS dan $106^{\circ} 48' 05.6''$ BT. Rancangan desain dan perhitungan ketentuan jam Matahari ini dipercayakan kepada Hendro Sentyanto, astronom asal ITB (Institut Teknologi Bandung). Jam Matahari Horizontal ini memiliki detail fisik sebagaimana berikut:

¹³ Rencana Strategis (RENSTRA) Kementerian Pekerjaan Umum 2010 – 2014, hal. 98.

1. Bidang Dial

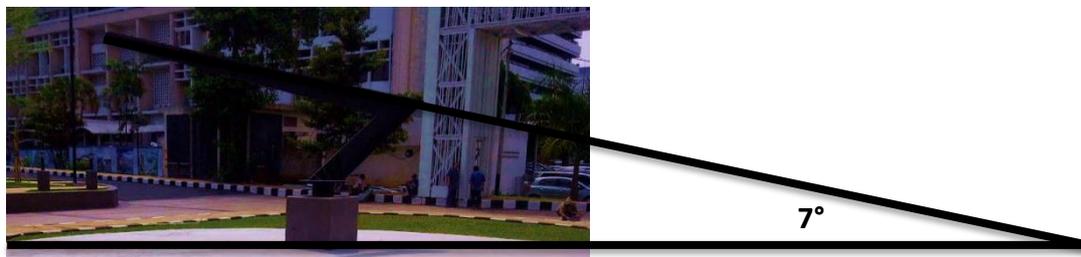


Sumber: SNVT Pengembangan, Pengendalian dan Pelaksanaan Pekerjaan Strategis Bidang PUPR Lainnya

Gambar 15: Denah Detail Penampakan bidang dial dari atas dan samping

Berdasarkan denah tersebut, Bidang dial Jam Matahari ini berbentuk lingkaran dengan panjang jari-jari 5 m. Dari penampakan samping, terlihat bahwa bidang dial ini tidak datar, melainkan agak menanjak ke arah pusat lingkaran.

2. Gnomon



Gambar 16: Bila sisi miring gnomon diperpanjang hingga menyentuh bidang horizontal, sudutnya sebesar 7°

Berdasarkan denah yang diberikan oleh pihak SNVT, gnomon yang terbuat dari baja ini memiliki panjang 4638 mm (4.638 m) dan dipasang setinggi 0.6 m dari bidang dial.

Sedangkan sebagaimana keterangan dari Hendro Setyanto, sudut kemiringan gnomon terhadap bidang dial disesuaikan dengan lintang lokal yang digenapkan menjadi 7° .¹⁴

3. Indikator Jam

Jam Matahari ini tidak menampilkan garis jam sebagai indikator jatuhnya bayangan sebagai penunjuk momentum waktu, melainkan hanya menempatkan angka-angka romawi yang terbuat dari baja di tepian lingkaran bidang dial. Angka-angka tersebut berjajar dari angka VIII, IX, X, XI yang ada di sebelah kanan angka XII (*noon line*), berfungsi sebagai penunjuk jam dari pagi hingga tengah hari. Sedangkan angka-angka setelahnya adalah I, II, III, IV yang ada di sebelah kiri garis tengah hari menunjukkan jam dari tengah hari hingga sore hari.

¹⁴ Wawancara dengan Hendro Setyanto, Perancang desain Jam Matahari Kementerian PUPR via *Whats App* pada tanggal 27 Nopember 2015.

BAB IV

ANALISIS TUJUAN DAN TEORI PEMBANGUNAN SERTA TINGKAT AKURASI JAM MATAHARI KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT

A. Analisis Tujuan Pembangunan Jam Matahari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Pada zaman klasik, pengadaan jam matahari adalah dalam rangka memenuhi kebutuhan masyarakat yang tumbuh lebih kompleks dan memerlukan pengukuran dan pengklasifikasian waktu yang lebih memadai digunakan sebagai acuan dalam beraktivitas sehari-hari. Sejalan dengan itu, desain jam matahari juga ikut berkembang. Penemuan signifikan dalam desain jam matahari adalah bahwa marka (penandaan) diperkenalkan untuk menunjukkan bagian dari jam sehari yang ditengarai berasal dari Mesir abad kelima belas SM. Sampai pada akhir periode Yunani-Romawi klasik, fungsi dan tujuan pembangunan jam hanya terbatas pada mengetahui waktu, baik pengetahuan akan waktu harian untuk membantu manusia dalam pembagian waktu bekerja dan istirahat maupun pengetahuan waktu tahunan (musim) untuk urusan pertanian.¹ Dari sini tampak bahwa yang menjadi tujuan dan fungsi utama dari Jam Matahari adalah untuk menunjukkan waktu.

¹ Lawrence E. Jones, *The Sundial and Geometry: an Introduction For The Classroom*, *op.cit.*, hal. 2-5.

Pada abad pertengahan, Jam matahari mulai banyak digunakan dalam Islam untuk mengatur waktu shalat, khususnya shalat dhuhur dan shalat Ashar. Jam Matahari masuk ke dunia Islam adalah disebabkan banyak di antara tanah yang ditaklukkan oleh Islam yang pernah menjadi bagian dari dunia Helenistik atau Romawi di mana ada tradisi kuat jam matahari.² Jam Matahari dalam masa ini benar-benar berkembang, bahkan pada akhir abad kesepuluh ilmuwan Muslim telah menemukan dial polar, dial ekuatorial, dan dial horisontal yang gnomon paralel dengan sumbu kutub. Sebuah dial horizontal dibuat oleh astronom Ibn al-Shatir untuk Masjid Umayyah di Damaskus pada 1371 merupakan jam matahari tertua dengan kesejajaran *polar axis* yang masih ada.³

Dalam konteks lembaga keagamaan masjid dan madrasah, tujuan keagamaan dari jam matahari benar-benar bisa melampaui kegunaan sekulernya. Jam matahari, kemudian memegang berbagai peran dalam Islam abad pertengahan, tidak hanya sebagai salah satu sumber persoalan menarik untuk ilmu ukur dan tantangan untuk pembuat tabel untuk ketepatan waktu astronomi, tetapi juga sebagai sumber pedoman untuk pencatat waktu masjid dan merupakan pemandangan yang lazim bagi jamaah di banyak masjid dari Afghanistan sampai Maroko. Kedekatan hubungan Jam Matahari dengan praktek sehari-hari Islam memberikan jam matahari tempat dalam budaya Islam sangat berbeda dari apa yang mereka ditempati dalam peradaban Yunani dan Romawi sebelumnya, dan studi sejarah mencatat dalam abad

² Berggren, *Sundials in Medieval Islamic Science and Civilization*, *op.cit.*, hal. 8.

³ Lawrence E. Jones, *The Sundial and Geometry: an Introduction For The Classroom*, *op.cit.*, hal. 6.

pertengahan Islam menggabungkan aspek lain ilmiah, agama, dan budaya dengan cara unik yang menarik.⁴ Dari fakta sejarah tersebut, dapat disimpulkan, pada masa abad pertengahan dunia Islam, fungsi dan tujuan pembuatan jam matahari mengalami perluasan kepada aspek religi, yakni sebagai penunjuk waktu ibadah.

Di awal peradaban Amerika, Jam Matahari merupakan barang mewah dan langka. Hingga tahun 1820, tenaga air dan metode produksi massal, menjadikan kayu murah, sehingga jam matahari kayu hampir dibuat untuk rumah setiap orang. Bahkan, Jam matahari pada saat itu digunakan hanya untuk sebagai ornamen taman.⁵ Perkembangan selanjutnya, konstruksi jam matahari banyak dibuat oleh pengrajin spesialis, baik dengan lukisan atau ukiran. Untuk membantu perhitungan, mereka menggunakan tabel yang telah



Sumber: michel.lalos.free.fr
Gambar 17: Sundial di sebuah gedung di Palma De Mallorca, Spanyol dengan Motto *Sol Me Vos Umbra Regit* (Matahari Mengaturku dengan bayangan)

diterbitkan, yang menunjukkan sudut antara garis jam sebagai fungsi dari orientasi dinding dan lintang. Sampai sekarang, jam matahari masih dibuat di seluruh dunia. Meski tidak berperan penting seperti pada masa lalu, mereka tetap obyek yang menarik. Mereka sering dihiasi dengan semboyan/motto

membangkitkan berjalannya waktu. Di Perancis, sampai saat ini hampir ada

⁴ Berggren, *Sundials in Medieval Islamic Science and Civilization*, *op.cit.*, hal. 14.

⁵ Lawrence E. Jones, *The Sundial and Geometry: an Introduction For The Classroom*, *op.cit.*, hal. 7.

23.000 jam matahari telah terdaftar di tempat-tempat beragam seperti gereja, istana, bangunan umum, sekolah, taman dan rumah-rumah.⁶

Fakta sejarah diatas membuktikan bahwa pada awal abad ke-18, dimana keberadaan jam matahari sebagai standar penunjuk waktu mulai terganti oleh jam mekanik, Jam Matahari tetap menjadi pilihan bagi seseorang untuk dibangun di depan rumahnya, di taman, ataupun di dinding bukan hanya sebagai acuan waktu, namun jam Matahari juga sering dihadirkan dengan *motto* yang diharapkan bisa menjadi motivasi bagi yang melihatnya akan berharganya setiap detik berlalunya waktu. Dengan begitu, alasan dan tujuan pembangunan Jam Matahari dimulai dari masa ini hingga kini, disamping sebagai penunjuk waktu matahari (*Apparent Solar Time*) atau Waktu Hakiki adalah sebagai motivasi atas bernilainya waktu.

Jam Matahari di kompleks Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) merupakan salah satu dari serangkaian proyek pembangunan infrastruktur lingkungan kerja kementerian PUPR. Proyek pembangunan tersebut merupakan program dari Sekretariat Jenderal Kementerian PUPR merupakan manifestasi dari tugasnya yang menysasar pada peningkatan kualitas prasarana, pengelolaan data, informasi dan komunikasi publik, dengan hasil terwujudnya dukungan sarana dan prasarana komunikasi dan informasi yang memadai di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum.⁷ Melalui SNVT Pengembangan, Pengendalian dan Pelaksanaan Pekerjaan Strategis Bidang PUPR Lainnya program itu

⁶ Denis Savoie, *Sundials, Design, Contruction, and Use, op.cit.*, hal.32.

⁷ Rencana Strategis Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2015-2019, hal. 59.

dijalankan dengan tema pembangunan *Green Site* Kampus Kementerian Pekerjaan Umum dan Gedung Utama Kementerian Pekerjaan Umum.

Pembangunan ini bertujuan untuk menjadikan kompleks gedung Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat sebagai *landmark* kebanggaan nasional, dan *benchmark* (tolok ukur, standar) bangunan gedung negara Republik Indonesia. Konsep pembangunan *green site & green building* ini sehingga menerapkan prinsip *low energy consumption building* serta diharapkan dapat berperan mengurangi dampak *global warming*.⁸

Sedangkan tujuan khusus dari dibangunnya Jam Matahari (*Sundial*) horizontal di kompleks Gedung Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat selain sebagai bangunan yang ramah lingkungan sesuai dengan konsep rangkaian *Green Site* Kampus Kementerian Pekerjaan Umum, diharapkan dapat menjadi pemacu/motivasi para karyawan yang bekerja di lingkungan gedung Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat untuk ingat akan waktu. Selanjutnya, kesadaran akan waktu akan menghasilkan kinerja yang sinergi antar individu dalam organisasi masing-masing.⁹

Dengan begitu, tujuan pembangunan jam matahari di lingkungan Kementerian PUPR ini sesuai dengan tujuan/alasan pembangunan jam matahari, yakni sebagai pengingat akan berharganya waktu yang dalam hai

⁸ Modul Presentasi Perencanaan *Green Site* Kampus Kementerian Pekerjaan Umum dan Gedung Utama Kementerian Pekerjaan Umum, SNVT Pengembangan, Pengendalian dan Pelaksanaan Pekerjaan Strategis Bidang PUPR Lainnya, Sekretariat Jenderal Kementerian Pekerjaan Umum.

⁹ Wawancara dengan Pak Aristono selaku Manager Operasional Pengelolaan Gedung Kementerian Pekerjaan Umum, di kompleks gedung Kementerian Pekerjaan Umum pada Jumat tanggal 27 Nopember 2015, Pukul 10.30.

ini, dengan itu menjadi pemacu/motivasi kinerja para pegawai yang bekerja di lingkungan Kementerian PUPR.

Selain itu, penempatan jam Matahari di dekat masjid menjadikan jam matahari ini juga dapat berfungsi sebagai acuan waktu shalat yang penentuannya berdasarkan pada waktu hakiki, khususnya shalat dhuhur dan ashar. Agar fungsi ini dapat berjalan dengan baik, maka jam Matahari ini harus benar-benar akurat untuk menunjukkan waktu hakiki.

B. Analisis Teori Pembangunan Jam Matahari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

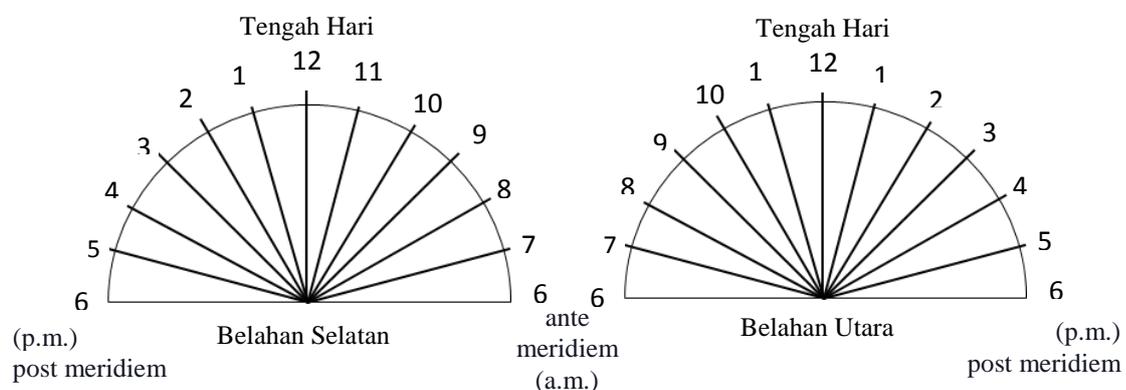
Jam matahari di lingkungan kementerian PUPR adalah jam matahari horizontal. Maka dari itu, pengaturan fisik dari jam matahari ini adalah harus sesuai dengan ketentuan baku pengaturan pembuatan jam matahari horizontal.

Prinsip dasar dari jam matahari horizontal adalah terdiri dari dial horizontal dan gnomon, yang masing-masing diatur sedemikian rupa:

1. Bidang dial

Bidang dial pada jam matahari horizontal adalah bidang datar yang diletakkan secara horizontal yang di atasnya tergambar garis jam. Untuk jam matahari belahan utara penomoran garis jam dimulai dari pukul 6 a.m di sebelah kiri garis tengah hari (pukul 12) searah dengan jarum jam (*clockwise*) ke pukul 6 p.m di sebelah kanan. Sedangkan untuk merancang sebuah jam matahari untuk belahan bumi selatan adalah membalikkan penomoran jam, yaitu dari dari pukul 6 a.m di

sebelah kanan garis tengah hari (pukul 12) berlawanan dengan arah jarum jam (*anti-clockwise*) ke pukul 6 p.m di sebelah kiri.¹⁰



Gambar 18 : penggambaran urutan Garis jam

2. Gnomon

Gnomon sebagai pembentuk bayangan yang jatuh ke atas bidang dial mengarah ke Kutub Utara Langit. Gnomon akan selalu dalam bidang vertikal meridian dan untuk menunjuk ke arah Kutub Utara Langit sudut gnomon dengan bidang dial diatur sedemikian rupa sebesar lintang lokal tempat jam matahari tersebut dibangun.¹¹ Sedangkan untuk jam matahari yang berada di Lintang selatan (belahan bumi selatan), gnomon mengarah ke Kutub Selatan Langit.¹²

Berdasarkan pengamatan langsung penulis pada bidang dial jam matahari Kemnterian PUPR, penomoran garis jam ditulis dengan angka-angka romawi

¹⁰ Carl Sabanski, "Make a Horizontal Sundial - Graphical Method", The Sundial Primer, diakses dari http://www.mysundial.ca/sdu/graphical_horizontal_sundial.html pada 14 Desember 2015 pukul 00.23.

¹¹ Denis Savoie, *Sundials, Design, Construction, and Use, op.cit.*, hal. 67.

¹² Carl Sabanski, "Make a Horizontal Sundial - Graphical Method", The Sundial Primer, *op.cit.*

yang berjajar secara berurutan dari angka VIII, IX, X, XI (*a.m.*, penunjuk jam dari pagi hingga tengah hari) XII (*noon line*, tengah hari), I, II, III, IV (*p.m.*, jam dari tengah hari hingga sore hari) berlawanan dengan arah jarum jam (*anti-clockwise*). (gambar 19)



Gambar 19: Diambil pada 30 Nopember 2015, 8:44:30

Sesuai letak geografisnya yang berada di belahan Bumi Selatan, maka sistem penomoran jam ini sesuai dengan ketentuan baku jam matahari horizontal yang ada di belahan selatan, yakni urutan jam 6 *a.m.* hingga 6 *p.m.* berlawanan dengan arah jarum jam.



Gambar 20 :Diambil pada
27 Nopember 2015,
14:04:46

1

2

Selanjutnya, gambar 20 menunjukkan ketidaksejajaran antara garis satu dan garis dua. Garis satu adalah garis yang selatan-utara sejati sedangkan garis dua adalah garis perpanjangan dari orientasi gnomon dan garis tengah hari (*noon line*). Arah garis satu (ke selatan sejati) didapat penulis dari perhitungan bayangan azimuth matahari dengan bantuan Mizwala Qibla Finder. Perhitungan azimuth matahari pada saat pengamatan (27 Nopember 2015, 14: 00) adalah:

Lintang Tempat (ϕ)	: $-6^{\circ} 14' 12.1''$
Bujur Tempat (λ)	: $106^{\circ} 48' 05.6''$
Waktu Bidik (W)	: 14:00 WIB (07:00 GMT)
Deklinasi Matahari (δ_0)	: $-21^{\circ} 04' 21''$ (07:00 GMT) ¹³
Equation of Time (e)	: $0^{\circ} 12' 05''$ (05:00 GMT)

$$\begin{aligned} \text{Meridian Pass (MP)} &= ((105 - \lambda) \div 15) + 12 - e \\ &= ((105 - 106^{\circ} 48' 05.6'') \div 15) + 12 - 0^{\circ} 12' 05'' \\ &= 11^{\circ} 40' 42.63'' \\ \text{Sudut Waktu (t}_0\text{)} &= (\text{MP} - \text{W}) \times 15 \\ &= (11^{\circ} 40' 42.63'' - 14^{\circ} 00') \times 15 \\ &= -34^{\circ} 49' 20.55'' \end{aligned}$$

Azimuth Matahari (A_0)

$$\begin{aligned} \text{Cotan } A_0 &= [((\cos \phi \tan \delta_0) \div \sin t_0) - (\sin \phi \div \tan t_0)]^{14} \\ &= [((\cos -6^{\circ} 14' 12.1'' \times \tan -21^{\circ} 04' 21'') \div \sin -34^{\circ} \\ &\quad 49' 20.55'') - (\sin -6^{\circ} 14' 12.1'' \div \tan -34^{\circ} 49' \\ &\quad 20.55'')] \\ A_0 &= 62^{\circ} 46' 10.81'' \text{ (Harga Mutlak)} \end{aligned}$$

Ketidaksejajaran tersebut mengindikasikan kemelencengan arah gnomon dan *noon line* terhadap arah selatan sejati. Hal ini tidak sesuai dengan ketentuan baku jam matahari horizontal (belahan selatan) yang mengharuskan gnomon dan *noon line* berada di garis lurus menghadap ke selatan sejati (*true south*).

¹³ Data-data astronomis Matahari diambil dari Winhisab Version 2.0, BHR Departemen Agama RI, 1996.

¹⁴ Rumus-rumus diambil dari: Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik: Perhitungan Arah Kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*, op.cit., hal. 63.

Selanjutnya berdasarkan informasi yang diberikan oleh Hendro Setyanto selaku penghitung dan perancang desain jam matahari tersebut, bahwa sudut kemiringan gnomon pada jam matahari ini dikenakan menjadi 7° . Sedangkan sudut kemiringan gnomon pada *horizontal sundial* adalah sebesar lintang lokasi jam matahari berada, dalam hal ini jam matahari Kementerian PUPR berada di lintang selatan sebesar $6^\circ 14' 12.1''$. dengan begitu ada selisih sebesar $0^\circ 45' 47.9''$ antara sudut sesuai ketentuan baku dengan sudut yang ada di lapangan.

Kesimpulan yang dapat ditarik dari uraian, adalah bahwa ada ketidaksesuaian antara jam matahari di lapangan dengan teori baku jam matahari. Hal ini terletak pada orientasi gnomon dan garis tengah hari bidang dial yang tidak mengarah tepat ke titik selatan kutub langit. Disamping itu, ketidaksesuaian juga ada pada sudut kemiringan gnomon dengan selisih $0^\circ 45' 47.9''$. Inkompatibilitas ini tentunya akan mempengaruhi tingkat akurasi dari jam matahari tersebut.

C. Analisis Tingkat Akurasi Jam Matahari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Keberadaan jam matahari Kementerian PUPR adalah sebagai salah satu bangunan bertema *green site* atau *garden city* yang memberikan motivasi akan keberlangsungan waktu yang berharga bagi setiap orang yang melihatnya. Dengan begitu, tentunya jam ini tidak dapat terpisah dari tujuan utama dari dibangunnya jam matahari yakni sebagai penunjuk waktu, dalam hal ini, adalah waktu hakiki, mengingat tujuan utama dan pertama dalam

sejarah terciptanya jam matahari adalah untuk kepentingan tersebut. Maka sudah pasti menjadi suatu keharusan bahwa jam Matahari tersebut memiliki tingkat akurasi yang baik guna dalam penunjukkannya kepada waktu hakiki. Maka menjadi penting untuk melakukan penelitian mengenai tingkat akurasi yang dimiliki oleh jam matahari ini.

Koreksi atas pembacaan waktu jam matahari dapat dilakukan dengan pengecekan waktu lokal yang ditunjukkan jam matahari tersebut dengan waktu jam sehari-hari yang dikoreksi dengan *Equation of Time* dan koreksi bujur yang hasilnya adalah waktu lokal setempat (hakiki).¹⁵

Koreksi *Equation of Time* diperlukan dikarenakan kecepatan bumi di orbit elips bervariasi dan miringnya sumbu bumi yang menjadi sebab jauhnya dari atau ke arah matahari sebagai penyebab pergantian musim membuat jam dari matahari nyata (waktu hakiki) tidak teratur dan tidak merata, sedangkan matahari rata-rata (waktu jam) mengasumsikan kecepatan seragam dan jam yang sama. Dengan begitu, perbedaan antara waktu matahari dan waktu jam dapat bervariasi sebanyak tujuh belas menit. Sedangkan Koreksi bujur ada karena selisih waktu jam dan waktu matahari berhubungan dengan zona waktu (waktu standar). Waktu Matahari tetap akan menunjukkan waktu setempat, meskipun semua jam akan menunjukkan waktu standar yang sama. Di kota A dengan bujur 100 misalnya, jam matahari akan menunjukkan siang ketika matahari berada di meridiannya, tapi Zona Waktu Standar bagiannya tidak akan menunjukkan siang sampai matahari mencapai bujur 105. Maka,

¹⁵ Lawrence E. Jones, *The Sundial and Geometry: an Introduction For The Classroom*, *op.cit.*, hal. 24.

dengan itu matahari membutuhkan 5 menit untuk perjalanan satu derajat ke arah barat, sehingga akan membutuhkan 20 menit untuk perjalanan 5 derajat bujur dari kota A ke meridian pusat zona waktu. Oleh karena itu, di kota A jam matahari akan selalu 20 menit lebih cepat. Inilah yang disebut koreksi bujur.¹⁶

Penelitian pada tahap ini, adalah pertama-tama peneliti melakukan pengamatan dengan mengambil waktu lokal yang ditunjukkan oleh jam matahari, dan menandainya dengan waktu daerah.



Gambar 21: Jam Matahari menunjukkan pukul 09:00, diambil pada 30 Nopember 2015, 8:55:52 WIB

Gambar 21 menunjukkan waktu lokal (hakiki) yang ditunjukkan jam matahari pada pukul 09:00. Pada saat itu adalah pukul 8:55:52 WIB (GMT +7). Maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai *Equation of Time*¹⁷ (e) pada pukul 8:55:52 WIB (1:55:52 GMT):

$$\text{Pukul 01} = 0^{\circ}11'37''$$

¹⁶ *Ibid.*

¹⁷ Data-data astronomis Matahari diambil dari Winhisab Version 2.0, BHR Departemen Agama RI, 1996.

$$\text{Pukul } 02 = 0^{\circ}11'36''$$

$$\begin{aligned}\text{Pukul } 01:55:52 &= 0^{\circ}11'37'' + ((0^{\circ}11'36'' - 0^{\circ}11'37'') \times 0^{\circ}55'52'') \\ &= 0^{\circ}11'36.07''\end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai e pada pukul 01:55:52 adalah $0^{\circ}11'36.07''$, maka langkah selanjutnya adalah menemukan waktu hakiki pada jam tersebut melalui perhitungan dengan rumus:

$$\begin{aligned}\text{WH} &= \text{WP} + e \\ &= (\text{WD} + ((\lambda - 105) \div 15)) + e \\ &= (8:55:52 + ((106^{\circ}48'05.6'' - 105) \div 15)) + 0^{\circ}11'36.07'' \\ &= (8:55:52 + ((106^{\circ}48'05.6'' - 105) \div 15)) + 0^{\circ}11'36.07'' \\ &= (8:55:52 + 0^{\circ}07'12.37'') + 0^{\circ}11'36.07'' \\ &= 9^{\circ}3'04.37'' + 0^{\circ}11'36.07'' \\ &= 9:14:40.44\end{aligned}$$

Dengan demikian waktu hakiki pada pukul 8:55:52 WIB yang didapat melalui perhitungan adalah 9:14:40.44. maka bila dibandingkan dengan waktu yang ditunjukkan jam matahari pada waktu itu (09:00) terdapat selisih sebesar 14 menit 40.44 detik.

Observasi kedua, penelitian dilakukan pada saat jam matahari menunjukkan pukul 10:00.



Gambar 22: Jam Matahari menunjukkan pukul 10:00, diambil pada 30 Nopember 2015, 9:41:02 WIB

Gambar 22 menunjukkan waktu lokal (hakiki) yang ditunjukkan jam matahari pada pukul 10:00. Pada saat itu adalah pukul 9:41:02 WIB (GMT +7). Maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai *Equation of Time* (e) pada pukul 9:41:02 WIB (2:41:02 GMT):

$$\text{Pukul 02} = 0^{\circ}11'36''$$

$$\text{Pukul 03} = 0^{\circ}11'35''$$

$$\begin{aligned} \text{Pukul 2:41:02} &= 0^{\circ}11'36'' + ((0^{\circ}11'35'' - 0^{\circ}11'36'') \times 0^{\circ}41'02'') \\ &= 0^{\circ}11'35.32'' \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai e pada pukul 2:41:02 adalah $0^{\circ}11'35.32''$, maka langkah selanjutnya adalah menemukan waktu hakiki pada jam tersebut melalui perhitungan dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{WH} &= \text{WP} + e \\ &= (\text{WD} + ((\lambda - 105) \div 15)) + e \\ &= (9:41:02 + (106^{\circ}48'05.6'' - 105) \div 15) + 0^{\circ}11'35.32'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (9:41:02 + ((106^\circ 48' 05.6'' - 105) \div 15)) + 0^\circ 11' 35.32'' \\
 &= (9:41:02 + 0^\circ 07' 12.37'') + 0^\circ 11' 35.32'' \\
 &= 9^\circ 48' 14.37'' + 0^\circ 11' 35.32'' \\
 &= 10:02:54.81
 \end{aligned}$$

Dengan demikian waktu hakiki pada pukul 9:41:02 WIB yang didapat melalui perhitungan adalah 10:02:54.81. maka bila dibandingkan dengan waktu yang ditunjukkan jam matahari pada waktu itu (10:00) terdapat selisih sebesar 02 menit 54.81 detik.

Observasi ketiga, penelitian dilakukan pada saat jam matahari menunjukan pukul 11:00.



Gambar 23: Jam Matahari menunjukkan pukul 11:00, diambil 30 Nopember 2015, 10:39:58 WIB

Gambar 23 menunjukkan waktu lokal (hakiki) yang ditunjukkan jam matahari pada pukul 11:00. Pada saat itu adalah pukul 10:39:58 WIB (GMT

+7). Maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai *Equation of Time* (e) pada pukul 10:39:58 WIB (3:39:58 GMT):

$$\text{Pukul 03} = 0^{\circ}11'35''$$

$$\text{Pukul 04} = 0^{\circ}11'34''$$

$$\begin{aligned}\text{Pukul 3:39:58} &= 0^{\circ}11'35'' + ((0^{\circ}11'34'' - 0^{\circ}11'35'') \times 0^{\circ}39'58'') \\ &= 0^{\circ}11'34.33''\end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai e pada pukul 3:39:58 adalah $0^{\circ}11'34.33''$, maka langkah selanjutnya adalah menemukan waktu hakiki pada jam tersebut melalui perhitungan dengan rumus:

$$\begin{aligned}\text{WH} &= \text{WP} + e \\ &= (\text{WD} + ((\lambda - 105) \div 15)) + e \\ &= (10:39:58 + (106^{\circ}48'05.6'' - 105) \div 15) + 0^{\circ}11'34.33'' \\ &= (10:39:58 + ((106^{\circ}48'05.6'' - 105) \div 15)) + 0^{\circ}11'34.33'' \\ &= (10:39:58 + 0^{\circ}07'12.37'') + 0^{\circ}11'34.33'' \\ &= 10^{\circ}47'10.37'' + 0^{\circ}11'34.33'' \\ &= 10:58:44.7\end{aligned}$$

Dengan demikian waktu hakiki pada pukul 10:39:58 WIB yang didapat melalui perhitungan adalah 10:58:44.7. maka bila dibandingkan dengan waktu yang ditunjukkan jam matahari pada waktu itu (11:00) terdapat selisih sebesar 01 menit 15.3 detik.

Observasi keempat, penelitian dilakukan pada saat jam matahari menunjukkan pukul 12:00.



Gambar 24: Jam Matahari menunjukkan pukul 12:00,
diambil 30 Nopember 2015, 11:53:36 WIB

Gambar 24 menunjukkan waktu lokal (hakiki) yang ditunjukkan jam matahari pada pukul 12:00. Pada saat itu adalah pukul 11:53:36 WIB (GMT +7). Maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai *Equation of Time* (e) pada pukul 11:53:36 WIB (4:53:36 GMT):

$$\text{Pukul 04} = 0^{\circ}11'34''$$

$$\text{Pukul 05} = 0^{\circ}11'33''$$

$$\begin{aligned} \text{Pukul 4:53:36} &= 0^{\circ}11'34'' + ((0^{\circ}11'33'' - 0^{\circ}11'34'') \times 0^{\circ}53'36'') \\ &= 0^{\circ}11'33.11'' \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai e pada pukul 4:53:36 adalah $0^{\circ}11'33.11''$, maka langkah selanjutnya adalah menemukan waktu hakiki pada jam tersebut melalui perhitungan dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{WH} &= \text{WP} + e \\ &= (\text{WD} + ((\lambda - 105) \div 15)) + e \\ &= (11:53:36 + (106^{\circ}48'05.6'' - 105) \div 15) + 0^{\circ}11'33.11'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= (11:53:36 + ((106^\circ 48' 05.6'' - 105) \div 15) + 0^\circ 11' 33.11'' \\
&= (11:53:36 + 0^\circ 07' 12.37'') + 0^\circ 11' 33.11'' \\
&= 12^\circ 00' 48.37'' + 0^\circ 11' 33.11'' \\
&= 12:12:21.48
\end{aligned}$$

Dengan demikian waktu hakiki pada pukul 11:53:36 WIB yang didapat melalui perhitungan adalah 12:12:21.48. maka bila dibandingkan dengan waktu yang ditunjukkan jam matahari pada waktu itu (12:00) terdapat selisih sebesar 12 menit 21.48 detik.

Secara ringkas, perbandingan antar waktu adalah pada tabel berikut.

Waktu daerah (WIB)	Waktu Hakiki Jam Matahari	Waktu Hakiki hasil perhitungan	selisih
8:55:52	09:00	9:14:40.44	0 ^j 14 ^m 40.44 ^d
9:41:02	10:00	10:02:54.81	0 ^j 02 ^m 54.81 ^d
10:39:58	11:00	10:58:44.7	0 ^j 01 ^m 15.03 ^d
11:53:36	12:00	12:12:21.48	0 ^j 12 ^m 21.48 ^d

Dari tabel tersebut, selisih antara kedua waktu hakiki (hasil perhitungan dan yang ditunjukkan oleh jam matahari) bervariasi dari 01:15 menit hingga 14:40 menit. Ketidakakuratan ini disebabkan oleh faktor ketidaksesuaian fisik bangunan jam matahari Kementerian PUPR ini dengan ketentuan baku pembangunan Jam Matahari Horizontal yang meliputi:

- a. Bidang dial tidak sejajar dengan meridial lokal (garis tengah hari tidak berimpit dengan meridian)
- b. Bidang dial tidak datar, melainkan meninggi di pusat lingkaran dan menurun di tepinya

- c. *Style* (gnomon) tidak sejajar dengan sumbu bumi sehingga tidak mengarah tepat ke titik selatan kutub langit.
- d. Tidak adanya garis bantu jam sehingga ketelitian dari penunjukan jam rendah. Bayangan gnomon jam matahari ini tidak pernah menyentuh angka-angka indikator waktu. Maka seharusnya dengan adanya garis jam akan memudahkan pengamat untuk meluruskan bayangan tepat ke arah angka indikator waktu tersebut.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Pembahasan dan analisis yang telah dilakukan terhadap Jam Matahari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat menghasilkan kesimpulan bahwa:

1. Jam Matahari di kompleks Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) merupakan salah satu dari serangkaian proyek pembangunan infrastruktur lingkungan kerja kementerian PUPR dengan konsep *Green Site* dimana proyek ini dijalankan melalui SNVT Pengembangan, Pengendalian dan Pelaksanaan Pekerjaan Strategis Bidang PUPR Lainnya dengan tujuan peningkatan kualitas prasarana, pengelolaan data, informasi dan komunikasi publik. Tujuan khusus dari dibangunnya jam matahari horizontal di kompleks Gedung Kementerian PUPR selain sebagai bangunan yang ramah lingkungan sesuai dengan konsep rangkaian *Green Site* Kampus Kementerian Pekerjaan Umum, diharapkan dapat menjadi pemacu/motivasi para karyawan yang bekerja di lingkungan gedung Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat untuk ingat akan waktu agar nantinya kesadaran akan waktu itu menghasilkan kinerja yang sinergi antar individu dalam organisasi masing-masing. Maka tujuan pembangunan jam matahari di lingkungan Kementerian PUPR

ini masih sesuai dengan salah satu tujuan/alasan pembangunan jam matahari, sebagai pengingat akan berharganya waktu yang dengan itu menjadi pemacu/motivasi kinerja para pegawai yang bekerja di lingkungan Kementerian PUPR. Penempatan jam Matahari di dekat masjid menjadikan jam matahari ini juga dapat berfungsi sebagai acuan waktu shalat yang penentuannya berdasarkan pada waktu hakiki. Agar fungsi ini dapat berjalan dengan baik, maka jam Matahari ini harus benar-benar akurat untuk menunjukkan waktu hakiki.

2. Berdasarkan pengamatan langsung penulis pada bidang dial jam matahari Kementerian PUPR, penomoran garis jam ditulis dengan angka-angka romawi yang berjajar secara berurutan dari jam 8 pagi sampai jam 4 sore berlawanan dengan arah jarum jam (*anti-clockwise*). sesuai letak geografisnya yang berada di belahan Bumi Selatan, maka sistem penomoran jam ini sesuai dengan ketentuan baku jam matahari horizontal yang ada di belahan selatan, yakni urutan jam 6 *a.m.* hingga 6 *p.m.* berlawanan dengan arah jarum jam. Namun, ditemukan kemelencengan arah gnomon dan *noon line* terhadap arah selatan sejati. Hal ini tidak sesuai dengan ketentuan baku jam matahari horizontal (belahan selatan) yang mengharuskan gnomon dan *noon line* berada di garis lurus menghadap ke selatan sejati (*true south*). Ketidaksesuaian antara jam Matahari di lapangan dengan teori baku jam matahari tentunya akan mempengaruhi tingkat akurasi dari jam matahari tersebut.

3. Setelah dilakukan pengecekan, terdapat selisih antara waktu hakiki hasil perhitungan dengan waktu hakiki yang ditunjukkan oleh jam matahari. Ketidakakuratan ini disebabkan oleh faktor ketidaksesuaian fisik bangunan jam matahari Kementerian PUPR dengan ketentuan baku pembangunan Jam Matahari Horizontal. Disamping itu, tidak adanya garis bantu jam sehingga ketelitian dari penunjukan jam rendah dikarenakan bayangan gnomon jam matahari ini tidak pernah menyentuh angka-angka indikator waktu.

B. Saran

1. Tidak semua orang, termasuk semua pegawai yang ada di lingkungan kementerian PUPR mengenal bagaimana cara kerja jam matahari. Jam matahari menunjukkan waktu setempat, sementara jam yang umum digunakan menunjukkan waktu Sipil. Kebanyakan orang tidak menyadari bahwa kedua waktu dapat berbeda oleh lima belas menit atau lebih, Maka perlu ada keterangan yang dapat dibaca oleh pengamat, sehingga jam matahari ini tidak dianggap sebagai tidak akurat.
2. Untuk menambah kesan bahwa kehadiran jam matahari di tengah-tengah lingkungan kerja Kementerian PUPR ini adalah sebagai penggiat/motivasi kinerja, dapat disematkan *motto* yang berkenaan dengan berharganya waktu. Dengan begitu, fungsi jam ini akan lebih optimal.
3. Bayangan yang dihasilkan oleh gnomon jam matahari ini terlalu pendek untuk menyentuh angka-angka indikator waktu (jam) di tepi bidang dial, sehingga ketelitian dari penunjukan jam ini rendah. Sehingga perlu

dengan adanya garis jam agar dapat memudahkan pengamat untuk meluruskan bayangan tepat ke arah angka indikator waktu tersebut.

C. Penutup

Puji Syukur alhamdulillah kepada Allah SWT. penulis ucapkan sebagai ungkapan rasa syukur karena telah menyelesaikan skripsi ini. Meskipun telah berupaya dengan optimal, penulis yakin masih ada kekurangan dan kelemahan skripsi ini dari berbagai sisi. Namun demikian penulis berdo'a dan berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Daftar Pustaka

Buku

- Azhari, Susiknan, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2005.
- Departemen Agama Republik Indonesia, *Al-Qur'an Dan Terjemahannya*, cet. V, Bandung: CV Penerbit Diponegoro, 2007.
- E. Jones, Lawrence, *The Sundial and Geometry: an Introduction For The Classroom*, Second Edition, Glastonbury: North American Sundial Society, 2005.
- Gunawan, A. Admiranto, *Menjelajahi Tata Surya*, Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 2009.
- Hambali, Slamet, *Ilmu Falak 1: Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia*, Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011.
- _____, *Almanak Sepanjang Masa*, Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011.
- _____, *Pengantar Ilmu Falak: Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, Semarang, Bismillah Publisher, 2012.
- Haryadi, Rohmat, *Ensiklopedia Astronomi Jilid 4: Matahari dan Bintang*, Jakarta: Penerbit Erlangga, 2008.
- Hasan, M. Iqbal, *Pokok-Pokok Metodologi Penelitian dan Aplikasinya*, Bogor: Ghalia Indonesia, 2002.
- Ilyas, Mohammad, *Astronomy of Islamic Times for The Twenty-first Century*, Kuala Lumpur: AS Noordeen, 1999.
- Khazin, Muhyiddin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik: Perhitungan Arah Kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004.
- _____, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005.
- Ma'rufin, Muh. Sudibyo, *Sang Nabi pun Berputar (Arah kiblat an Tata Cara Pengukurannya)*, Solo: Tinta Medina, 2011.
- Musonnif, Ahmad, *Ilmu Falak: Metode Hisab Awal Waktu Sholat, Arah Kiblat Hisab Urfi dan hisab Hakiki Awal Bulan*, Yogyakarta : Teras, 2011.
- Rachim, Abd., *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Liberty, 1983.
- Raharto, Moedji, *Dasar-Dasar Sistem Kalender Bulan dan Matahari (Catatan Kuliah AS 3006)*, Bandung: Penerbit ITB, 2013.
- Rene, R.J. Rohr, *Sundials: History, Theory and Practice*, New York: Dover Publications, 1996.
- Savoie, Denis, *Sundials, Design, Contruction, and Use*, Chichester: Praxis Publishing, 2009.

Tim Penyusun Fakultas Syariah IAIN Walisongo, *Pedoman Penulisan Skripsi*, Semarang : Fakultas Syariah IAIN Walisongo, 2010.

Tjasyono, Bayong, *Ilmu Kebumihan dan Antariksa*, Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2013.

Artikel dan Makalah

Berggren, J.L., Sundials in Medieval Islamic Science and Civilization, dalam *The Compendium*, Vol.8 No. 2, edisi Juni 2001.

Qian Hao, Chai, et al. "Methods Of Telling Time" Paper Heavenly Mathematics: Cultural Astronomy, Singapura, National University of Singapore, tt

Modul Presentasi Perencanaan *Green Site* Kampu Kementerian Pekerjaan Umum dan Gedung Utama Kementerian Pekerjaan Umum, SNVT Pengembangan, Pengendalian dan Pelaksanaan Pekerjaan Strategis Bidang PUPR Lainnya, Sekretariat Jenderal Kementerian Pekerjaan Umum.

Peraturan Pemerintah

Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015 Tentang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, pasal 2 dan pasal 3.

Rencana Strategis (RENSTRA) Kementerian Pekerjaan Umum 2010 – 2014.

Rencana Strategis Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2015-2019.

SKB Menteri Agama, Menteri Pendidikan dan Menteri Kebudayaan RI No. 158/1987 dan No. 0543 b/U/1987 Tertanggal 22 Januari 1988.

Penelitian yang tidak diterbitkan

Amri, Tamhid, *Jam Matahari sebagai Penunjuk Waktu hakiki, Akurasi Jam Matahari di Kotabaru Parahyangan Padalarang Jawa Barat*, Skripsi strata I Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo, Semarang, 2013.

Hasan Bashori, Tri, *Akurasi Bencet Masjid Tegalsari Laweyan Surakarta sebagai Petunjuk Waktu Hakiki*, Skripsi strata I Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo, Semarang, 2014.

Muttaqin, Ikhwan, *Studi Analisis Penentuan Arah Kiblat dengan Menggunakan Equatorial Sundial*, Skripsi strata I Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo, Semarang, 2012.

Ratna Sari, Endang, *Studi Analisis Jam Bencet Karya Kiai Mishbachul Munir Magelang dalam Penentuan Awal Waktu Salat*, Skripsi strata I Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo, Semarang, 2012.

Verburg, Daniëlle, *Keeping Track of Time: A Study of The Mathematics Behind Historical Methods*, Tesis Master *Mathematics and Education*, *Mathematical Institute, University Leiden*, 2015.

Website

“Dari Masa ke Masa” PU-net, diakses dari <http://www.PekerjaanUmum.go.id/content/show/34/Dari-Masa-Ke-Masa> pada 10 Desember 2015 pukul 15.03 WIB.

“GMT (Greenwich Mean Time)” Macthwatch.co.id, diakses dari <http://www.macthwatch.co.id/watch-buyer-guide/greenwich-mean-time-gmt.php> pada 17 Nopember 2015 pukul 8.59 WIB.

“How long does it take our sun to orbit the Milky Way’s center?”, Earth Sky, diakses dari <http://earthsky.org/space/milky-way-rotation> pada 05 Nopember 2015 pukul 14.20 WIB.

“Motion of the Sun”, Astronomy 162 Stars, Galaxies, and Cosmology, diakses dari <http://csep10.phys.utk.edu/astr162/lect/motion/solar.html> pada 05 Nopember 2015 pukul 14.37 WIB.

“New Sundials,” Sundial on the Internet, diakses dari <http://www.sundials.co.uk/newdials.htm> pada 27 Desember 2015 pukul 14.15

“Sejarah Perkembangan Jam dari Zaman ke zaman”, menujuhijau.blogspot.com, diakses dari <http://menujuhijau.blogspot.co.id/2012/02/sejarah-perkembangan-jam-dari-zaman-ke.html> pada 14 Nopember 2015 pukul 15.14 WIB.

“Sundials from around the World,” diakses dari <http://www.shadowspro.com/en/world-sundials.html> pada 27 Desember 2015 pukul 14.20

“What is Local Mean Time?”, Time and Date, diakses dari <http://www.timeanddate.com/time/local-mean-time.html> pada 17 Nopember 2015 pukul 02.48 WIB.

Azanul Ahyan, “Hubungan Letak Geografis dengan Perubahan Musim di Indonesia”, Azanul Ahyan, diakses dari <http://azanulahyan.blogspot.co.id/2012/07/hubungan-letak-geografis-dengan.html> pada 10 Nopember 2015 pukul 00.45 WIB.

Carl Sabanski, “Make a Horizontal Sundial - Graphical Method”, The Sundial Primer, diakses dari http://www.mysundial.ca/sdu/graphical_horizontal_sundial.html pada 14 Desember 2015 pukul 00.23 WIB.

Helmer Aslaksen, “Different Classification of Hours,” Department of Mathematic, Science Faculty, National University of Singapore, diakses dari http://www.math.nus.edu.sg/aslaksen/projects/sundials/dial_furniture_hours.html pada 07 Desember 2015 pukul 23.36 WIB.

Noel Ta'bois, "Hours and hours" Sundials on the Internet, diakses dari <http://www.sundials.co.uk/tbhou.htm> pada 07 Desember 2015 pukul 22.45 WIB.

Randy Russell, "Rotation of the Sun", Windows to the Universe, diakses dari http://www.windows2universe.org/sun/Solar_interior/Sun_layers/differential_rotation.html pada 07 Nopember 2015 pukul 14.06 WIB.

Sejarah Perkembangan Jam dari Zaman ke zaman", menujuhijau.blogspot.com, diakses dari <http://menujuhijau.blogspot.co.id/2012/02/sejarah-perkembangan-jam-dari-zaman-ke.html> pada 29 Maret 2015 pukul 15.30 WIB.

Tedi Mulyadi, "Pergantian dan pembagian Musim di Bumi", Sridianti.com, diakses dari <http://www.sridianti.com/pergantian-musim-di-bumi.html> pada 10 Nopember 2015 pukul 00.22 WIB.

Software / Aplikasi

Winhisab Version 2.0, BHR Depatemen Agama RI, 1996.

Wawancara

Wawancara dengan Hendro Setyanto, Perancang desain Jam Matahari Kementerian PUPR via *Whats App* pada tanggal 27 Nopember 2015.

Wawancara dengan Pak Aristono selaku Manager Operasional Pengelolaan Gedung Kementerian PUPR, di kompleks gedung Kementerian PUPR pada Jumat tanggal 27 Nopember 2015, Pukul 10.30 WIB.

Lampiran 1:

Foto-foto hasil Pengamatan jam Matahari Kementerian Pkerjaan Umum dan Perumahan Rakyat



Diambil pada 27 Nopember 2015, 14:04:46



Jam Matahari menunjukkan pukul 09:00, diambil pada 30 Nopember 2015, 8:55:52 WIB



Jam Matahari menunjukkan pukul 10:00, diambil pada 30 Nopember 2015, 9:41:02 WIB



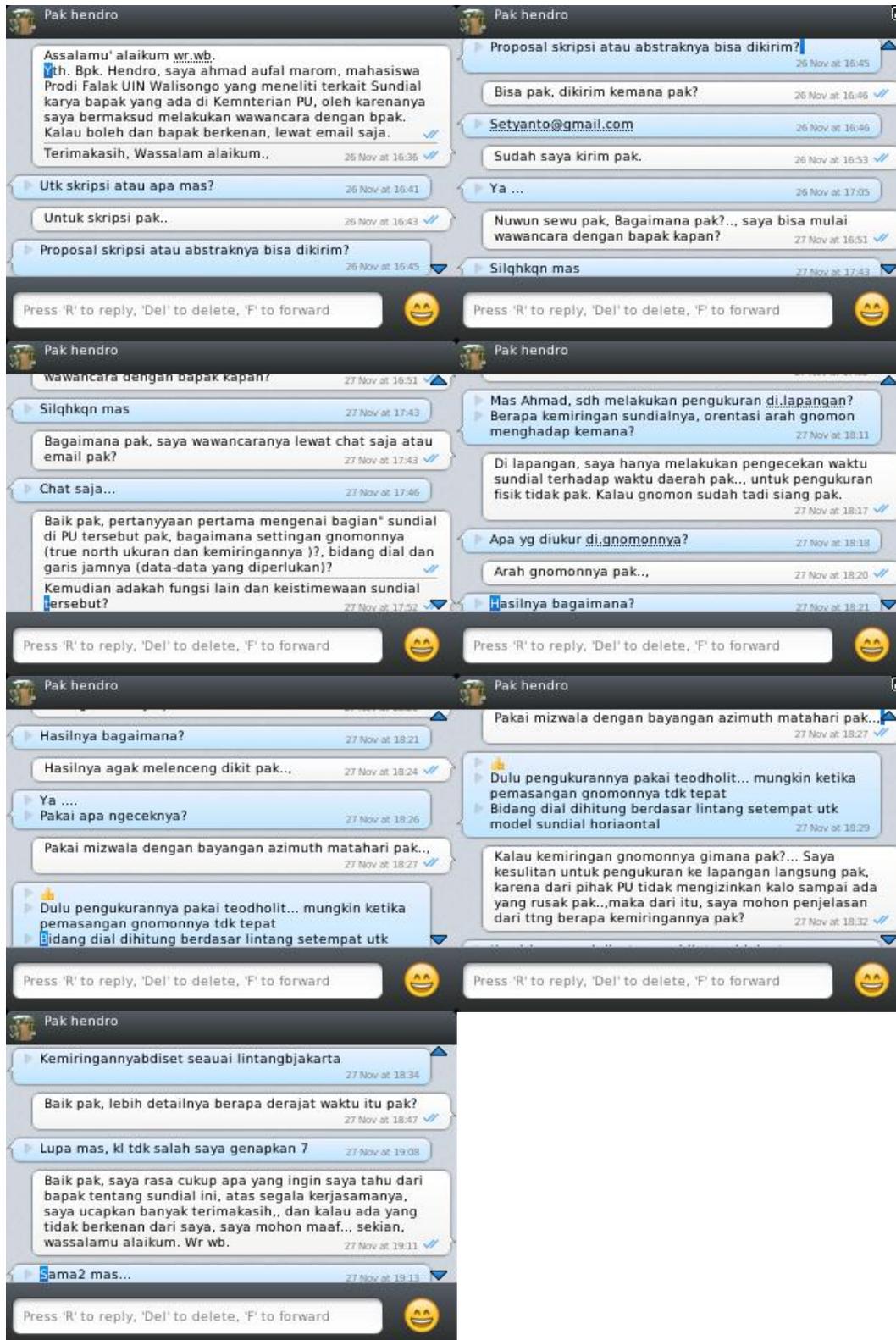
Jam Matahari menunjukkan pukul 11:00, diambil 30 Nopember 2015, 10:39:58 WIB



Jam Matahari menunjukkan pukul 12:00, diambil 30 Nopember 2015, 11:53:36 WIB

Lampiran 2:

Wawancara dengan Hendro Setyanto, Perancang desain Jam Matahari Kementerian PUPR via Whats App pada tanggal 27 Nopember 2015.



Lampiran 3:

Wawancara dengan Pak Aristono selaku Manager Operasional Pengelolaan Gedung Kementerian PUPR, di kompleks gedung Kementerian PUPR pada Jumat tanggal 27 Nopember 2015, Pukul 10.30 WIB.

1. Bagaimana latar belakang dan apa tujuan Pembangunan jam Matahari ini ?

Jam Matahari ini adalah salah satu bangunan yang terkonsep bersama Pembangunan Komplek Gedung Pekerjaan Umum yang dijalankan oleh SNVT Pengembangan, Pengendalian dan Pelaksanaan Pekerjaan Strategis Bidang PUPR Lainnya dengan Tema Green site (lingkungan hijau), karena memang pada saat itu, Kementerian sedang menggalakkan pembangunan infrastruktur yang ramah lingkungan, makanya sebagai langkah awal, kami membangun komplek gedung ini dulu sebagai percontohan infrastruktur yang ramah lingkungan.

2. Adakah alasan/tujuan khusus Pembangunan jam Matahari ?

karena jam matahari itu menggunakan sinar matahari sebagai sumber daya alam yang tak bisa habis, itukan sejalan dengan tema kami, hemat energi dan ramah lingkungan. Selain itu, kami memilih membangun jam ini adalah dengan harapan agar supaya para pegawai disini ketika melihat jam itu, merasa sadar akan waktunya, dengan kesadaran itu, nantinya akan terwujud sinergitas kinerja pegawai kami. Makanya kami tempatkan jam ini di depan gerbang utama agar mereka yang baru datang, langsung dapat melihatnya. Terus disamping masjid, para pegawai yang habis istirahat di masjid juga dapat dengan mudah melihatnya.

3. Apakah ada keterkaitan antara pembangunan jam Matahari ini dengan visi dan misi PUPR?

Ada, Keterkaitan ini secara detail ada di Rencana Strategis, tapi secara ringkasnya, pembangunan ini dilaksanakan oleh SNVT dibawah perintah Sekretariat Jenderal yang tugas dan fungsinya adalah berkenaan dengan sarana dan prasarana yang ada di lingkungan kerja PUPR dan juga berkaitan dengan pengembangan SDM aparatur di PUPR. Untuk lebih jelasnya, silakan lihat di Rencana Strategis.

Daftar Riwayat Hidup

DATA PRIBADI

Nama : Ahmad Aufal Marom
Tempat, Tanggal Lahir : Surabaya, 20 Pebruari 1993
Alamat : Jalan Honggowongso no. 6, Ringinwok, Ngaliyan, Semarang
Alamat Asal : Surabaya
Alamat Email : auvalmarom.ahmad@gmail.com
Telepon : 085 655 356 884
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam

DATA PENDIDIKAN

formal

SD : MI Badrussalam Surabaya (1999-2005)
SLTP : MTs. Manbaul Hikam Sidoarjo (2005-2008)
SMA : MA Manbaul Hikam Sidoarjo (2008-2011)

non-formal

Madrasah Diniyah Badrussalam, Surabaya
Madrasah Diniyah Manbaul Hikam Sidoarjo
Pondok Pesantren Manbaul Hikam Sidoarjo

PENGALAMAN ORGANISASI

2013 – 2014 : CSS MoRA IAIN Walisongo
2012 – 2013 : Lembaga Pers Mahasiswa Zenith