



## Mistar Kalender dalam Pengembangan Khazanah Instrument Falak

Moelki Fahmi Ardliansyah<sup>a,1,\*</sup>, Triska Katrin Ningtias<sup>b,2</sup>

<sup>a,b</sup> Institut Agama Islam Negeri Metro

<sup>1</sup> [moelkifahmiardliansyah@metrouniv.ac.id](mailto:moelkifahmiardliansyah@metrouniv.ac.id); [triskakatrin01@gmail.com](mailto:triskakatrin01@gmail.com)

**Abstract:** Calendars by humans are used to mark the change of days and dates. Basically the calendar refers to the movement of celestial bodies. For example, the Gregorian calendar is a calendar that refers to the movement of the Sun. At this point, actually knowing the date on the calendar can be through solar observations, but of course you need a tool. In this study trying to build a celestial instrument to determine the date on the Gregorian calendar called the Mistar Kalender. Furthermore, this study tries to analyze the extent of its accuracy as well as its advantages and disadvantages. This study uses a mixed method combining library and experimental methods with descriptive analysis and numerical analysis approaches where data collection is done through documentation and numerical experimental results. The result of this research is that the Calendar Ruler is built on the concept of the position of the Sun at the local celestial meridian by utilizing a stick/gnomon which will form a shadow length of different sunlight each day. The results of the numerical test carried out showed that the length of the gnomon affected the placement of the sign for the date. The disadvantage of this instrument is that it is local according to the coordinates of the place of observation and depends on the weather at the time of observation. The advantage is as a celestial education medium to make it easier to understand the concept of the Gregorian calendar from the position of the Sun when it is in the local sky meridian.

**Keywords:** *Calendar Ruler, Gnomon, Astronomical Instruments*

**Abstrak:** Kalender pada dasarnya mengacu pada pergerakan benda langit. Misalnya kalender masehi merupakan kalender yang mengacu pada pergerakan Matahari. Pada titik ini sesungguhnya dalam mengetahui tanggal pada kalender bisa melalui observasi Matahari, namun tentu diperlukan suatu alat. Pada penelitian ini mencoba untuk membangun instrument falak untuk mengetahui tanggal pada kalender Masehi yang dinamakan Mistar Kelender. Lebih jauh lagi, pada penelitian ini mencoba menganalisa sejauh mana keakuratannya serta kekurangan dan kelebihanannya. Penelitian ini menggunakan *mixed method* menggabungkan metode kepustakaan dan eksperimen dengan pendekatan deskriptif analisis dan analisis numerik dimana pengumpulan data melalui dokumentasi dan hasil eksperimen numerik. Hasil dari penelitian ini adalah Mistar Kalender dibangun atas konsep posisi Matahari pada saat di meridian langit lokal dengan memanfaatkan tongkat/*gnomon* yang akan membentuk panjang bayangan dari sinar Matahari yang berbeda-beda pada setiap harinya. Pada hasil uji numerik yang dilakukan mendapatkan hasil bahwa panjang *gnomon* mempengaruhi penempatan tanda untuk tanggal. Kekurangan dari instrumen ini bersifat lokal sesuai koordinat tempat pengamatan dan tergantung dengan cuaca saat pengamatan. Kelebihanannya sebagai media edukasi falak untuk mempermudah memahami konsep kalender masehi dari posisi Matahari saat di meridian langit lokal.

**Kata kunci:** *Mistar Kalender, Gnomon, Instrument Falak*

### A. Pendahuluan

Sejak awal peradaban, manusia sebagai makhluk yang berbudaya sudah merasakan kebutuhan akan sistem pembagian dan penentuan waktu untuk kepentingan dan

pedoman dalam aktivitas kehidupan mereka sehari-hari. Tanpa adanya kalender atau penanggalan akan terasa hambar, karena masyarakat akan kesulitan dalam menentukan program kegiatan yang mereka lakukan, terutama program yang berkaitan dengan waktu. Dengan adanya kalender itu dapat memudahkan manusia untuk mengidentifikasi dan menandai peristiwa atau kejadian yang telah berlalu. Di dunia ini banyak macam sistem kalender yang berkembang. Pada tahun 1987 ada sekitar 40 sistem kalender yang saat ini berkembang di dunia dan dikenal dalam pergaulan Internasional, namun secara umum dapat dikategorikan dalam 3 (tiga) mazhab besar dalam perhitungan kalender, yaitu *Solar Calender* (Kalender Matahari), *Lunar Calender* (Kalender Bulan), dan *Lunisolar Calender* (Kalender Bulan Matahari).<sup>1</sup>

Sebelum ada teknologi seperti sekarang ini yang dari zaman ke zaman selalu mengalami perkembangan, orang-orang zaman dahulu untuk menentukan waktu siang dan malam melalui jam matahari atau *sundial*. Jam matahari pertama kali digunakan sekitar 3.500 tahun sebelum masehi.<sup>2</sup> Jam tersebut menunjukkan waktu berdasarkan pada posisi matahari. Dapat dipahami bahwa, adanya waktu itu dilihat dari pergerakan bumi yang mengitari matahari. Pentingnya jam matahari atau *sundial* yang menjadi patokan terjadinya pergantian waktu dari pagi, siang, dan malam. Konsep ini juga dapat dikembangkan untuk mengetahui pergantian hari.

Konsep sundial banyak digunakan juga dalam beberapa fungsi penentu waktu ibadah. Misalnya *sundial* untuk penentuan dan pengevaluasi waktu shalat, yang hasilnya menurut penelitian Leo Hermawan dinyatakan akurat.<sup>3</sup> Ada lagi *sundial* yang pada dasarnya penggunaan sinar matahari namun pada kenyataannya ada *sundial*/ bencet yang terdapat tanda untuk 5 waktu salat, termasuk magrib, isya dan

---

<sup>1</sup>Muhammad Himmatu Riza, "Sundial Horizontal dalam Penentuan Penanggalan Jawa Pranata Mangsa" (UIN Walisongo, 2018), 2, diakses April 9, 2022, <http://eprints.walisongo.ac.id/id/eprint/7989/>.

<sup>2</sup>Elly Uzlifatul Jannah dan Elva Imeldatur Rohmah, "Sundial Dalam Sejarah Dan Konsep Aplikasinya," *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 5, no. 2 (Desember 2, 2019): 127, diakses April 9, 2022, <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/almarshad/article/view/3486>.

<sup>3</sup>Leo Hermawan, "Penerapan Konsep Trigonometri Dalam Menentukan Waktu Shalat Dengan Instrumen Sundial Di Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara" (Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2019), diakses April 9, 2022, <http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/219>.

shubuh. Endang dalam penelitiannya menyatakan tanda waktu salat magrib, isya dan shubuh pada *sundial*/bencet hanya berupa grafik yang merupakan perkiraan saja.<sup>4</sup>

Dari beberapa kajian penelitian yang terdahulu banyak yang membahas tentang *sundial* dalam menentukan waktu (jam) dan jarang yang membahas dalam penentuan kalender. Riza meneliti *sundial* yang dimanfaatkan untuk kalender jawa / pranata mangsa, yang dinyatakan lebih akurat dibanding pecak kaki seseorang.<sup>5</sup> Pada titik ini belum ada yang spesifik membahas pada pengembangan instrumen *sundial* dalam penentuan tanggal masehi. Pada penelitian ini mencoba mengkaji teori untuk membangun sebuah instrument falak untuk mengetahui tanggal masehi dengan memanfaatkan mistar dan tongkat/*gnomon*. Konsep teori astronomi apa yang digunakan dalam pembentukan instrumen ini. Dan bagaimana keakuratan serta kelebihan dan kekurangan dari instrumen ini.

## **B. Metode**

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah mixed method / metode campuran.<sup>6</sup> Metode ini untuk menggabungkan metode kepustakaan dan eksperimen. Kepustakaan digunakan untuk mengkaji teori-teori yang digunakan dalam membangun mistar kalender, sedangkan eksperimen untuk menguji coba alat mistar kalender. Pendekatan yang digunakan adalah deskriptif analisis dan analisis numerik yang keduanya saling berkesinambungan dalam menganalisa mistar kalender dari unsur teori yang membentuknya dan hasil uji coba. Dimana pengumpulan datanya adalah melalui dokumentasi dan hasil eksperimen numerik.

## **C. Hasil dan Pembahasan**

### **1. Mengenal Mistar dan Sistem Kalender**

#### **a. Mistar**

Mistar adalah sebagai alat ukur panjang yang memiliki dua (2) skala ukuran, yaitu skala utama dan skala terkecil. Satuan untuk skala utama adalah sentimeter (cm) dan

---

<sup>4</sup>Endang Ratna Sari, "Studi Analisis Jam Bencet Karya Kiai Mishbachul Munir Magelang dalam Penentuan Awal Waktu Salat" (IAIN Walisongo, 2012), diakses April 9, 2022, <http://eprints.walisongo.ac.id/id/eprint/1367/>.

<sup>5</sup>Muhammad Himmatur Riza, "Sundial Horizontal dalam Penentuan Penanggalan Jawa Pranata Mangsa," *Ulul Albab: Jurnal Studi dan Penelitian Hukum Islam* 2, no. 1 (November 4, 2018): 120, diakses April 9, 2022, <http://jurnal.unissula.ac.id/index.php/ua/article/view/3016>.

<sup>6</sup>John W. Creswell, *Research Design Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan Mixed* (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2010), 5.

satuan untuk skala terkecil adalah milimeter (mm). Skala terkecil pada mistar memiliki nilai 1 mm. Jarak antara skala utama adalah 1 cm. Diantara skala utama terdapat 10 bagian skala terkecil sehingga satu skala terkecil memiliki nilai 0,1 cm atau 1 mm. Mistar memiliki ketelitian atau ketidakpastian pengukuran sebesar 0.5 mm atau 0.05 cm, yakni setengah dari nilai skala terkecil yang dimiliki oleh mistar tersebut.<sup>7</sup>

Mistar atau yang sering dikenal alat ukur yang bernama penggaris, ini pertama kali digunakan oleh masyarakat Lembah Indus pada tahun 1500 SM. Alat pengukur ini terbuat dari gading yang ditemukan selama penggalian. Pada penggaris pertama telah terdapat ukuran desimal di dalamnya. Para ahli mengatakan bahwa penggaris kuno ditemukan oleh orang-orang dari peradaban Lembah Indus sekitar 1500 SM, tetapi beberapa yang lain ada yang mengatakan bahwa ditemukan terlebih dahulu di kawasan Lothal dari masa 2400 SM. *Literatur* yang lain ada juga yang mengatakan bahwa penggaris ditemukan oleh seorang berkebangsaan Inggris bernama Napier berupa penggaris geser dibuat pertama kali di Inggris tahun 1632.<sup>8</sup> Mistar itu memiliki bagian-bagian, yaitu sebagai berikut:

1) Skala

Dalam mistar itu terdapat tiga skala, yaitu:

- Skala Inci, yaitu skala terbesar pada mistar.
- Skala Centimeter, yaitu skala yang paling sering digunakan.
- Skala Milimeter, yaitu skala terkecil pada mistar.

2) Angka

Angka pada mistar berfungsi untuk menunjukkan hasil pengukuran.<sup>9</sup>

Konsep tentang mistar dalam pembuatan mistar kalender, menggunakan skala centimeter hingga milimeter. Pada tataran praktisnya untuk mengukur panjang bayangan Matahari, dari hasil perhitungan matematis.

## **b. Sistem Kalender**

Kalender mempunyai artinya yang sama dengan istilah tarikh, penanggalan, takwim dan almanak hal ini sesuai penjelasan di dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia

---

<sup>7</sup>Aip Saripudin, Dede Rustiawan K., dan Adit Suganda, *Praktis Belajar Fisika 1* (Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, 2009), 2.

<sup>8</sup>Mikrajuddin Abdullah, *Fisika Dasar 1* (Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2016), 18.

<sup>9</sup>*Ibid.*

(KBBI).<sup>10</sup> Bila ditinjau dari bahasa, kalender berasal dari bahasa Inggris modern yakni *calendar*, dimana istilah ini berasal dari bahasa Inggris pertengahan yang diambil dari bahasa Prancis “*calendier*”.<sup>11</sup> Slamet Hambali, mengistilahkan kalender sama dengan *almanak*, yang memiliki arti sebuah sistem perhitungan yang bertujuan untuk pengorganisasian waktu dalam periode tertentu dengan bulan sebagai unit yang merupakan bagian dari *almanak*, hari sebagai unit terkecil, kemudian sistem waktu yaitu jam, menit, dan detik.<sup>12</sup> Jadi, kalender digunakan sebagai sebuah sistem untuk mengatur kronologi waktu secara baik dengan mengelompokkan satuan-satuan waktu dalam hari, minggu, bulan, dan tahun.

Macam-macam klasifikasi penanggalan atau kalender menurut Riza terbagi atas 4 pola. Yakni : Pola acuan benda langit, sistem perhitungan, spektrum penerapan penanggalan, dan pola kebutuhan masyarakat. Namun, ia menegaskan bahwa dengan argumentasi paling kuat dan global secara Astronomi, maka pola acuan benda langit yang dijadikan rujukan utama dalam hal sistem kalender.<sup>13</sup>

Semua kalender yang ada pada permukaan bumi ini, hanya mengacu kepada dua benda langit yaitu matahari dan bulan. Jika tidak mengacu kepada sistem matahari, maka pasti berpedoman pada sistem orbit bulan atau penggabungan pada dua sistem orbit benda langit tersebut.<sup>14</sup> Sehingga di dalam kalender dapat dikelompokkan menjadi beberapa sistem, yaitu sebagai berikut:

#### 1) *Lunar System* (Kalender Sistem Bulan)

Kalender ini menggunakan sistem bulan, artinya perjalanan bulan saat berevolusi terhadap bumi. Kalender ini murni menggunakan *lunar* karena mengikuti fase bulan. Kalender sistem *lunar*, pada sisi lain tidak berpengaruh terhadap perubahan musim. Sebab kemunculan bulan dalam 1 tahun dalam 12 bulan kali amat mudah diamati. *Lunar system* merupakan sistem kalender yang mendasari perhitungannya pada fase perubahan bulan dalam

---

<sup>10</sup>Suharso dan Ana Retnoningsih, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Cet.10. (Semarang: Widya Karya, 2011), 526.

<sup>11</sup>Muh. Nashirudin, *Kalender Hijriah Universal : Kajian atas Sistem dan Prospeknya di Indonesia*, Cet. Ke-1. (Semarang: EL-WAFA, 2013), 23.

<sup>12</sup>Slamet Hambali, *Almanak Sepanjang Masa : Sejarah Sistem Penanggalan Masehi, Hijriyah dan Jawa* (Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011), 23.

<sup>13</sup>Muhammad Himmatur Riza, *Sistem Penanggalan Istirhamiah : Upaya Mereduksi Hegemoni Penanggalan Masehi*, ed. Khoshshol Fairuz, Cetakan Maret 2021. (Jombang: CV. Nakomu, Penerbit Kertas Sentuh, 2021), 10–13.

<sup>14</sup>Ismail, “SISTEM KALENDER PADA MASA KERAJAAN SAMUDERA PASAI,” *Syarah: Jurnal Hukum Islam dan Ekonomi* 7, no. 1 (2018): 104, diakses April 10, 2022, <https://ejurnal.iainlhokseumawe.ac.id/index.php/syarah/article/view/193/109>.

mengelilingi bumi pada orbitnya dengan waktu satu periode 29 hari 12 jam 44 menit 2,8 detik. Dari peredarannya, dalam 12 bulan berarti sama dengan 354 hari 8 jam 48 menit 35 detik. Awal hari dalam sistem ini dimulai sejak terbenam matahari dan awal bulan pun dihitung saat setelah terbenam matahari, setelah terjadi konjungsi yang ditandai terlihat hilal dengan rukyah atau dengan hisab.<sup>15</sup> Kalender yang menggunakan sistem ini antara lain: Kalender Hijriyah; Kalender Saka; dan Kalender Jawa Islam.<sup>16</sup>

## 2) *Solar System* (Kalender Sistem Matahari)

Pada prinsipnya, kalender ini menggunakan perjalanan bumi ketika berevolusi atau mengorbit matahari. Yang pada dasarnya, perhitungan sistem kalender ini mengacu kepada perjalanan semu matahari selama setahun. Patokan utamanya yaitu saat matahari melintasi di atas garis *equator* atau ketika lama siang dan malam memiliki sama panjangnya. Satu tahun adalah lama waktu yang diperlukan oleh matahari untuk bergeser dari titik *equator* yang merupakan tanda awal musim semi dibelahan bumi Utara ke musim semi berikutnya.<sup>17</sup> Waktu yang dibutuhkan dalam peredaran bumi mengelilingi matahari adalah 365 hari 5 jam 48 menit 46 detik.<sup>18</sup> Terdapat pertimbangan yang digunakan sistem ini, yaitu: *Pertama*, adanya pergantian siang dan malam. *Kedua*, adanya keterkaitannya dan ketepatannya dengan fenomena alam, khususnya pergantian musim diakibatkan karena orbit yang berbentuk elips ketika mengelilingi matahari.<sup>19</sup> Kelebihan dari kalender ini adalah kesesuaiannya dengan musim karena dasar perhitungannya pada awalnya berasal dari pergeseran musim. Contoh kalender ini adalah Kalender *Gregorian* (Kalender *Syamsiyah*) yang digunakan sehari-hari saat ini.<sup>20</sup> Kalender yang menggunakan sistem ini antara lain: Kalender Mesir Kuno; Kalender Romawi

---

<sup>15</sup>*Ibid.*, 104–105; Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, Cet. 1. (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), 134.

<sup>16</sup>Hambali, *Almanak Sepanjang Masa : Sejarah Sistem Penanggalan Masehi, Hijriyah dan Jawa*, 13–17.

<sup>17</sup>Ismail, “SISTEM KALENDER PADA MASA KERAJAAN SAMUDERA PASAI,” 104.

<sup>18</sup>Nihayatur Rohmah, “Dinamika Almanak Masa Pra Islam Hingga Era Islam; Studi atas Penanggalan Sistem Solar, Lunar dan Luni-Solar,” *QALAMUNA: Jurnal Pendidikan, Sosial, dan Agama* 11, no. 2 (Agustus 20, 2019): 20, diakses April 10, 2022, <https://ejournal.insuriponorogo.ac.id/index.php/qalamuna/article/view/88>.

<sup>19</sup>Hambali, *Almanak Sepanjang Masa : Sejarah Sistem Penanggalan Masehi, Hijriyah dan Jawa*, 3–4.

<sup>20</sup>Rupi'i Amri, “PEMIKIRAN MOHAMMAD ILYAS TENTANG PENYATUAN KALENDER ISLAM INTERNASIONAL,” *Profetika: Jurnal Studi Islam* 17, no. 01 (Juli 13, 2016): 5; Ruswa Darsono, *Penanggalan Islam : Tinjauan Sistem, Fiqih dan Hisab Penanggalan* (Yogyakarta: Labda Press, 2010), 32.

Kuno; Kalender Maya; Kalender Julian; Kalender Gregorius; dan Kalender Jepang.

3) *Lunar-Solar System* (Kalender Sistem Bulan-Matahari)

Kalender ini menggunakan bulan-matahari, artinya perjalanan sistem bulan dan matahari di kalender pertama memang berdasarkan atas peredaran bulan. Perpaduannya dengan cara jumlah hari dalam setahun mengacu kepada gerak semu matahari dengan jumlah 365 hari, sedangkan jumlah hari dalam setiap bulan mengacu kepada orbit bulan. Namun ini memang tidak akurat dengan peredaran bumi mengelilingi matahari. Kemudian matahari menjadi dasar untuk waktu penanggalan (*solar*) karena sistem peredaran bulan (*lunar*) tidak cocok dengan bumi mengelilingi matahari. Jadi, pada perayaan-perayaan agama banyak mengambil sistem *lunar*, sedangkan *solar* digunakan untuk sistem bisnis dan catatan administrasi, kalender yang menggunakan sistem ini antara lain: Kalender Babilonia; Kalender Yahudi; dan Kalender Cina.<sup>21</sup>

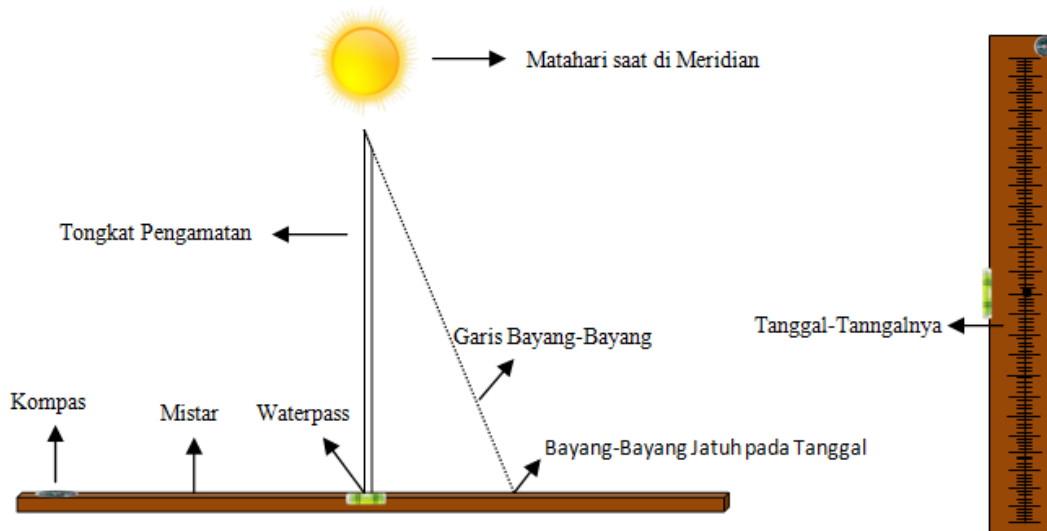
Berdasarkan hal tersebut, dalam mistar kalender ini menggunakan sistem kalender *solar system*. Karena kalender yang dimaksudkan pada mistar kalender ini adalah kalender Masehi. Dimana kalender masehi merupakan kalender *solar* yang didasarkan dari musim dan pergerakan matahari.

## 2. Unsur Pembentukan Mistar Kalender dan Bagian-bagiannya

Mistar kalender merupakan sebuah alat ukur yang dirancang untuk mengetahui tanggal melalui bayang-bayang matahari saat matahari transit di garis meridian (garis khayal). Ketika matahari transit di meridian terkadang membentuk bayangan dan terkadang tidak membentuk bayangan. Jika deklinasi sama dengan lintang tempat, berarti itu tidak ada bayangan, karena matahari tepat di titik Zenith. Lebih jauh lagi Mistar kalender dapat digambarkan sebagai alat sederhana untuk mengetahui tanggal, dimana di tengah-tengah mistar tersebut terdapat tongkat yang berdiri tegak lurus yang disebut dengan tongkat *Istiwa*. Tongkat tersebut berfungsi sebagai titik pusat dalam menentukan tanggal. Dan pada bidang mistar kalender terdapat garis-garis skala awal setiap mangsa dan ketika matahari kulminasi. Panjang garis-garis skala tersebut berbeda-beda sesuai dengan posisi matahari.

---

<sup>21</sup>Elva Imeldatur Rohmah, "Kalender Cina dalam Tinjauan Historis dan Astronomis," *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 4, no. 1 (Juni 10, 2018): 31–34, diakses April 10, 2022, <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/almarshad/article/view/1934>; Nashirudin, *Kalender Hijriah Universal : Kajian atas Sistem dan Prospeknya di Indonesia*, 34–35; Darsono, *Penanggalan Islam : Tinjauan Sistem, Fiqih dan Hisab Penanggalan*, 33.



### Ilustrasi Mistar Kalender

Mistar Kalender terbentuk atas bagian-bagian yang tak saling terpisahkan yang memiliki fungsi masing-masing. Bagian-bagian tersebut yakni :

- Mistar : untuk mencantumkan skala tanggal dan bulan.
- Skala Tanggal : untuk menunjukkan tanggal dan bulan tertentu.
- Kompas : digunakan untuk memberi informasi rujukan ke arah Utara-Selatan atau memposisikan mistar pada arah tersebut.
- Waterpass : untuk memastikan bahwa mistar dalam posisi rata atau sejajar dengan suatu permukaan.
- Tongkat *Istiwa* : digunakan untuk membentuk bayangan pada saat Matahari berada di garis meridian langit.

Dalam pengaplikasiannya, *Pertama* siapkan semua peralatan dan pasang sesuai dengan tempatnya. *Kedua*, cari tempat yang datar untuk meletakkan mistar kalender dan posisikan mistar kalender menghadap ke utara dan selatan dengan kompas yang terpasang di mistar kalender. *Ketiga*, pastikan mistar kalender benar-benar dalam posisi datar. Untuk mengatur alat tersebut benar-benar datar, maka alat tersebut dibekali dari *waterpass* yang berfungsi untuk mengecek bahwa alat tersebut benar-benar datar. *Keempat*, tongkat *istiwa* yang berada di pusat mistar dan yang berada di titik  $0^\circ$  harus benar-benar dalam posisi tegak. *Kelima*, amati dengan teliti bayang-bayang matahari pada waktu ketika matahari berkulminasi. *Keenam*, lihatlah bayang-bayang matahari tersebut menyentuh pada skala atau garis tanggal yang terdapat pada bidang mistar.

### 3. Kajian Matematis dalam Pembentukan Mistar Kalender

Kajian matematis pada Mistar Kalender untuk memperhitungkan 2 hal : (1) SkalaTanggal (2) Waktu Pengamatan. Dalam proses perhitungan, ada beberapa data astronomi yang harus disiapkan dalam mistar kalender ini, diantaranya yaitu: lintang tempat ( $\phi$ ), bujur tempat ( $\lambda$ ), bujur standar ( $\omega$ ), deklinasi matahari ( $\delta$ ), dan *equation of time* ( $e$ ). Dari data-data tersebut untuk menentukan : (1) skala tanggal dengan terlebih dahulu memperhitungkan ZM (jarak zenit ke matahari), kemudian panjang bayang-bayang yang merupakan skala tanggal itu sendiri, (2) waktu pengamatan. Berikut detail rumus-rumus dalam memperhitungkan skala tanggal dan waktu pengamatan :

#### a. Skala Tanggal

##### 1) Menghitung ZM (jarak Zenit ke matahari)

Jarak yang dimaksud adalah besaran sudut yang terbentuk dari titik zenith ke posisi matahari pada deklinasi tertentu. Sudut yang dimaksud dihasilkan dari perhitungan selisih nilai lintang tempat dan deklinasi matahari. Nilai besaran sudutnya dinyatakan dalam nilai positif. Berikut rumus yang digunakan :

$$ZM = [\delta - \phi]$$

Keterangan:

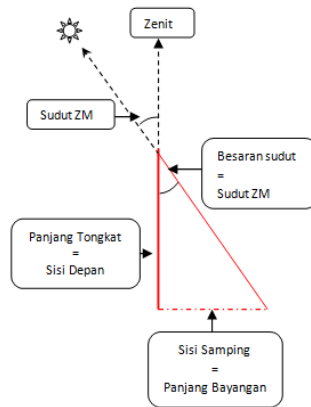
ZM adalah jarak zenit ke matahari.

$\delta$  adalah deklinasi matahari.

$\phi$  adalah lintang tempat.

##### 2) Menghitung Panjang Bayang-Bayang (Skala tanggal)

Panjang bayangan ini merupakan perhitungan dari turunan rumus dasar trigonometri. Dimana, apabila diketahui terdapat nilai sudut dan sisi depan, kemudian yang dicari adalah sisi samping, maka rumus yang digunakan adalah rumus TAN. Sedangkan Nilai sudut diketahui dari jarak zenith yang dihasilkan dari perhitungan sebelumnya. Sudut yang saling bertolak belakang yang terbentuk dari garis yang berpotongan memiliki nilai sudut yang sama. Berikut gambarannya :



Berikut rumus yang digunakan :

$$X = \tan ZM \times \text{Panjang Tongkat}$$

Keterangan:

X adalah panjang bayang-bayang.

ZM adalah jarak Zenit ke matahari.

#### b. Menghitung Waktu Pengamatan

$$y = MP - e + \{(\omega - \lambda)/15\}$$

Keterangan:

y adalah waktu pengamatan.

MP adalah *Meridian Pass*.

e adalah *equation of time*.

$\omega$  adalah bujur standar.

$\lambda$  adalah bujur tempat.

Berdasarkan perhitungan dari rumus tersebut, dibuatlah inovasi mistar kalender. Skala Tanggal diperhitungkan lebih dahulu untuk membuat skala-skalanya. Sedangkan waktu pengamatan dihitung sebagai petunjuk waktu dalam mengamati bayangan matahari.

#### 4. Kajian Astronomi pada Mistar Kalender

Data posisi benda astronomis dinyatakan dalam sistem koordinat langit dengan menyatakan semua benda itu terletak pada sebuah bola langit yang titik pusatnya berimpit dengan titik pusat bumi. Pada sistem koordinat langit ada berbagai acuan

yang digunakan, yaitu berupa lingkaran-lingkaran dan titik-titik yang semuanya terletak pada bola langit.<sup>22</sup> Dalam hal ini seseorang dianggap berada di pusat bumi.

Pada aspek astronomis, mistar kalender menggunakan konsep sistem koordinat langit horizontal dan equatorial. Yakni dengan memanfaatkan horizon, lingkaran meridian, titik zenith-nadzir, dan deklinasi Matahari. Sedangkan dalam sistem koordinat bumi memanfaatkan nilai lintang tempat, bujur tempat, dan bujur daerah.

#### **a. Horizon**

Horizon adalah lingkaran pada bola langit yang menghubungkan titik Utara, Timur, Selatan, Barat sampai ke titik Utara. Horizon merupakan batas pemisah antara belahan langit yang tampak dan tidak tampak.<sup>23</sup> Mudah-mudahan, dapat digambarkan bahwa ketika seseorang berdiri di suatu tempat, seseorang tersebut akan terkesan seolah-olah menjadi titik pusat dari sebuah bola raksasa (bola langit), dan pada lingkaran besar tersebut langit dan bumi bertemu. Lingkaran inilah yang disebut dengan horizon.

Pada tataran aplikatif horizon dimanfaatkan untuk acuan dalam menentukan arah mata angin. Dimana titik utara dan selatan menjadi referensi utama dalam menepatkan mistar kalender. Mistar kalender harus tepat pada garis arah utara selatan, sehingga untuk membantu mengetahui arah tersebut mistar kalender dilengkapi dengan kompas. Arah utara dan selatan sangat penting karena ketika matahari transit di garis meridian pasti bayangan Matahari terbentuk pada garis utara atau selatan, apabila nilai deklinasi tidak sama dengan lintang tempatnya.

#### **b. Zenit**

Zenit dilambangkan dengan huruf “Z”. Zenit atau disebut dengan titik puncak adalah titik potong garis tegak lurus dengan bola langit yang terletak di atas kepala *observer* (pengamat). Titik zenit sangat erat kaitannya dengan pengamatan dipermukaan bumi, sebab zenit ini dikonseptualisasikan sebagai titik yang persis berada di atas kepala seseorang di permukaan bumi.<sup>24</sup> Pada perhitungan mistar kalender, titik zenit sebagai acuan untuk menghitung jarak antara zenith dan Matahari.

---

<sup>22</sup>S. Farid Ruskanda, M. Solihat, dan Subhan, *Rukyah dengan Teknologi: Upaya Mencari Kesamaan Pandangan tentang Penentuan Awal Ramadhan dan Syawal*, Cet. 1. (Jakarta: Gema Insani Press, 1995), 38.

<sup>23</sup>A. Jamil, *Ilmu Falak Teori & Aplikasi: Arah Kiblat, Awal Waktu, dan Awal Tahun (Hisab Kontemporer)* (Jakarta: Amzah, 2018), 11.

<sup>24</sup>Taufiqurrahman Kurniawan, *Ilmu Falak & Tinjauan Matlak Global*, Cet. Pertama. (Yogyakarta: MPKSDI Yogyakarta, 2010), 59.

### c. Nadir

Nadir adalah sebuah titik pada kaki bola langit. Titik Nadir seperti halnya dengan titik Zenit, sangat erat kaitannya dengan pengamatan di permukaan bumi, sebab titik Nadir ini dikonseptualisasikan sebagai titik yang persis berada di bawah kaki seseorang di permukaan bumi.<sup>25</sup> Jadi, Nadir merupakan titik potong yang terletak di bawah *observer* (pengamat) atau yang berlawanan dengan Zenit. Biasanya Nadir dilambangkan dengan huruf “N”.

### d. Lingkaran Meridian

Meridian adalah lingkaran vertikal yang menghubungkan titik Utara (U), titik Selatan (S), Zenit (Z), Nadir (N), melalui Kutub Utara (Ku), dan Kutub Selatan (Ks). Meridian adalah lingkaran yang berhimpit dengan bidang gambar dan tegak lurus pada horizon. Lingkaran meridian inilah sebagai garis yang menjadi tempat transit Matahari, ketika Matahari transit di garis meridian langit berarti matahari telah berkulminasi atas. Pada saat ini pula waktu pengamatan dilakukan untuk mengetahui kalender dengan menggunakan mistar kalender.

### e. Pengertian Deklinasi

Deklinasi adalah jarak dari suatu benda langit ke *equator* langit, diukur melalui lingkaran waktu (lingkaran deklinasi) atau dapat juga deklinasi adalah sepotong busur lingkaran deklinasi yang diukur dari titik perpotongan suatu benda langit ke *equator* langit pada lingkaran deklinasi. Deklinasi yang berada di sebelah Utara *equator* diberi tanda positif (+), sedangkan yang berada di sebelah Selatan *equator* diberi tanda negatif (-). Deklinasi matahari selalu berubah-ubah dari waktu ke waktu selama satu tahun, tetapi pada tanggal-tanggal tertentu yang sama, deklinasi pun kira-kira sama juga. Deklinasi positif mulai tanggal 21 Maret sampai dengan tanggal 23 September, sedangkan deklinasi yang negatif mulai tanggal 23 September sampai dengan tanggal 21 Maret.<sup>26</sup>

### f. Lintang, Bujur, Bujur Daerah

Koordinat bumi baik lintang dan bujur sebagai referensi untuk membuat alat mistar kalender. Karena mistar kalender dibuat berdasarkan koordinat tempat yang dijadikan tempat observasi. Sehingga mistar kalender sesungguhnya hanya bisa digunakan berbasis satu koordinat tempat, tidak dapat digunakan untuk koordinat lain. Sedangkan untuk bujur daerah digunakan untuk koreksi waktu daerah.

---

<sup>25</sup>*Ibid.*

<sup>26</sup>Jamil, *Ilmu Falak Teori & Aplikasi : Arah Kiblat, Awal Waktu, dan Awal Tahun (Hisab Kontemporer)*, 15–16.

### 5. Analisis Keakuratan, Kelebihan dan Kekurangan Mistar Kalender

Berdasarkan beberapa hal yang telah dipaparkan di atas, Mistar Kalender ini tak luput dari adanya kelebihan maupun kekurangan. Karena Mistar Kalender ini merupakan sebuah pengembangan khazanah instrumen falak, inovasi ini memudahkan dalam pembelajaran/edukasi Ilmu Falak, dapat mengetahui tanggal dengan cara melihat mistar kalender tersebut, serta dapat mengetahui panjang bayang-bayangnya atau bahkan tidak ada bayang-bayang sama sekali.

Pada sisi keakuratan, hasil uji alat yang dilakukan mendapatkan beberapa data di antaranya :

*Tabel 1. Hasil Komparasi Perhitungan Panjang Bayangan  
Koordinat  $-5^{\circ} 7' 77''$  LS,  $105^{\circ} 26' 18''$  BT*

No.	Tanggal	Panjang Tongkat Istiwa' (50 cm)	Selisih per Hari (cm)	Panjang Tongkat Istiwa' (100 cm)	Selisih per Hari (cm)
1	6 Maret	0,48	0,33	0,97	0,67
2	7 Maret	0,15		0,30	
3	20 Maret	4,32	0,35	8,65	0,69
4	21 Maret	4,67		9,34	
5	20 Juni	27,20	0,01	54,41	0,01
6	21 Juni	27,21		54,42	
7	20 September	5,45	0,35	10,90	0,69
8	21 September	5,10		10,21	
9	6 Oktober	0,01	0,31	0,021	0,62
10	6 Oktober	0,32		0,64	
11	20 Desember	16,54	0,001	33,08	0,02
12	21 Desember	16,55		33,10	

Melalui perhitungan pada tanggal saat matahari berada di ekuator langit, titik balik utara dan selatan, serta saat nilai deklinasi sama dengan lintang tempat. Tabel di atas mendapatkan data bahwa, panjang tongkat *istiwa'* akan mempengaruhi perpindahan antar tanggal dalam satuan *centimeter* dengan selisih antara 0,01 – 0,35 (tongkat *istiwa'* 50 cm) dan 0,01 – 0,69 (tongkat *istiwa'* 100 cm). Semakin panjang tongkat *istiwa'* akan semakin panjang pula jarak antar tanggal, sehingga dapat mempermudah mengamati bayangan matahari yang jatuh pada penanda tanggal.

Selanjutnya, peneliti menggunakan panjang tongkat *istiwa'* 100 cm untuk membuat Mistar kalender, dan panjang mistar 120 cm dengan tongkat *istiwa'* berada di tengahnya. Hasil uji akurasi yang dilakukan beberapa kali didapat data sebagai berikut :

*Tabel 2. Data Hasil Pengamatan*  
*Koordinat -5° 7' 77" LS, 105° 26' 18" BT*

Mistar kalender			Hasil Pengamatan	
Panjang Bayangan (cm)	Penanda Tanggal	Jam Pengamatan	Tanggal	Keterangan
0,02	6 Oktober	11:46:28	-	Mendung
7,84	18 Oktober	11:43:26	18 Oktober 2021	Tepat
10,36	22 Oktober	11:42:44	22 Oktober 2021	Kurang tepat, panjang bayangan 10,5 cm
24,20	16 November	11:42:56	16 November	Tidak tepat
24,65	17 November	11:43:07	18 November 2021	Kurang tepat, panjang bayangan 24,5 cm
25,10	18 November	11:43:19	-	Mendung
30,52	3 Desember	11:47:56	3 Desember 2021	Tepat
32,53	13 Desember	11:52:17	13 Desember 2021	Tepat
32,66	14 Desember	11:52:46	13 Desember 2021	Tidak tepat
31,72	4 Januari	12:03:04	3 Januari 2022	Tidak tepat
29,98	11 Januari	12:06:03	11 Januari 2022	Tepat
29,67	12 Januari	12:06:26	-	Mendung
8,90	22 Februari	12:11:46	22 Februari 2022	Tepat
8,26	23 Februari	12:11:38	23 Februari 2022	Kurang tepat, panjang bayangan 8 cm
7,61	24 Februari	12:11:29	24 Februari 2022	Tepat
0,30	7 Maret	12:09:19	7 Maret 2022	Tepat
1,06	9 Maret	12:08:50	9 Maret 2022	Tepat
1,74	10 Maret	12:08:35	11 Maret 2022	Tidak tepat

Tabel di atas menunjukkan pada saat jam pengamatan terdapat beberapa data yang tidak tepat (selisih 1 hari) dan kurang tepat beberapa *millimeter* pada penanda tanggal. Sehingga instrumen ini belum bisa dikatakan akurat. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi hal tersebut, diantaranya kompas yang digunakan acuan sangat terpengaruhi dengan medan magnet. Sehingga tidak tepat mengarah pada utara-selatan, yang mengakibatkan ketika pengamatan di lapangan sering tidak tepat.

Dari data-data di atas, Mistar Kalender memiliki beberapa kekurangan di

antaranya : *pertama*, tidak dapat digunakan di tempat lain, karena penanda tanggal yang dibuat berdasarkan lintang dan bujur dari suatu tempat. *Kedua*, Mistar Kalender ini sistem kerjanya berhubungan langsung dengan matahari, tidak dapat dipungkiri cuaca merupakan salah satu faktor yang menjadi kekurangan dalam Mistar Kalender ini. *Ketiga*, dapat terpengaruh dengan medan magnet untuk mengatur arah utara-selatan.

Oleh karenanya, untuk mendapatkan hasil yang benar-benar akurat tanggalnya, dari sisi instrument harus diperhatikan besar atau panjang mistar kalender sehingga mendapat bayangan matahari yang jelas saat pengamatan. Dari sisi meletakkan instrument atau setting alat harus benar-benar pada posisi arah utara-selatan. Jam yang digunakan acuan waktu pengamatan harus sudah akurat semisal mengacu pada jam BMKG. Cuaca sangat berpengaruh terhadap pengamatan di lapangan yang artinya saat pengamatan cuaca harus benar-benar dalam keadaan cerah.

#### **D. Kesimpulan**

Kalender biasanya menggunakan media cetak, elektronik, dan lain sebagainya. Tetapi mistar kalender ini masih memanfaatkan posisi matahari ketika transit di garis meridian yang kaitannya dengan deklinasi matahari. Mistar kalender ini merupakan sebuah inovasi yang dituangkan dalam sebuah instrumen untuk mengetahui tanggal dengan memanfaatkan bayangan dari sinar matahari ketika matahari berada di garis meridian. Mistar Kalender dibangun atas konsep posisi Matahari pada saat di meridian langit lokal dengan memanfaatkan tongkat/*gnomon* yang akan membentuk panjang bayangan dari sinar Matahari yang berbeda-beda pada setiap harinya. Panjang *gnomon* sangat mempengaruhi penempatan tanda untuk tanggal. Hasil kajian terhadap instrumen yakni memiliki kekurangan diantaranya bersifat lokal sesuai koordinat tempat pengamatan dan tergantung dengan cuaca saat pengamatan. Serta memiliki kelebihan, yakni sebagai media edukasi falak untuk mempermudah memahami konsep kalender masehi dari posisi Matahari saat di meridian langit lokal.

## Daftar Pustaka

### 1. Buku

- Abdullah. (2016). Mikrajuddin. *Fisika Dasar 1*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Creswell, John W. (2010). *Research Design Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan Mixed*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Darsono, Ruswa. (2010). *Penanggalan Islam : Tinjauan Sistem, Fiqih dan Hisab Penanggalan*. Yogyakarta: Labda Press
- Hambali, Slamet. (2011). *Almanak Sepanjang Masa : Sejarah Sistem Penanggalan Masehi, Hijriyah dan Jawa*. Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo.
- Jamil, A. (2018). *Ilmu Falak Teori & Aplikasi : Arah Kiblat, Awal Waktu, dan Awal Tahun (Hisab Kontemporer)*. Jakarta: Amzah.
- Khazin, Muhyiddin. (2004). *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*. Cet. 1. Yogyakarta: Buana Pustaka.
- Kurniawan, Taufiqurrahman. (2010). *Ilmu Falak & Tinjauan Matlak Global*. Cet. Pertama. Yogyakarta: MPKSDI Yogyakarta.
- Nashirudin, Muh. (2013). *Kalender Hijriah Universal : Kajian atas Sistem dan Prospeknya di Indonesia*. Cet. Ke-1. Semarang: EL-WAFA.
- Riza, Muhammad Himmatur. (2021). *Sistem Penanggalan Istirhamiah : Upaya Mereduksi Hegemoni Penanggalan Masehi*. Diedit oleh Khoshshol Fairuz. Cetakan Maret 2021. Jombang: CV. Nakomu, Penerbit Kertas Sentuh,.
- Ruskanda, S. Farid, M. Solihat, dan Subhan. (1995). *Rukyah dengan Teknologi: Upaya Mencari Kesamaan Pandangan tentang Penentuan Awal Ramadhan dan Syawal*. Cet. 1. Jakarta: Gema Insani Press,.
- Saripudin, Aip, Dede Rustiawan K., dan Adit Suganda. (2009). *Praktis Belajar Fisika 1*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Suharso, dan Ana Retnoningsih. (2011). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Cet.10. Semarang: Widya Karya.

## 2. Artikel Jurnal

Amri, Rupi'i. (2016). Pemikiran Mohammad Ilyas Tentang Penyatuan Kalender Islam Internasional. *Profetika: Jurnal Studi Islam* 17, 1, 11–15.

Ismail. (2018). Sistem Kalender Pada Masa Kerajaan Samudera Pasai.” *Syarah: Jurnal Hukum Islam dan Ekonomi* 7, 1, 101–122.

Jannah, Elly Uzlifatul, dan Elva Imeldatur Rohmah. (2019). Sundial Dalam Sejarah Dan Konsep Aplikasinya.” *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 5, no. 2, 127–145.

Riza, Muhammad Himmatur. (2018). Sundial Horizontal dalam Penentuan Penanggalan Jawa Pranata Mangsa. *Ulul Albab: Jurnal Studi dan Penelitian Hukum Islam* 2, 1, 119–142.

Rohmah, Elva Imeldatur. (2018). Kalender Cina dalam Tinjauan Historis dan Astronomis. *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 4, 1, 31–45.

Rohmah, Nihayatur. (2019 ). Dinamika Almanak Masa Pra Islam Hingga Era Islam; Studi atas Penanggalan Sistem Solar, Lunar dan Luni-Solar. *QALAMUNA: Jurnal Pendidikan, Sosial, dan Agama* 11, 2, 157–172.

## 3. Skripsi, Tesis, atau Disertasi

Hermawan, Leo. (2019). *Penerapan Konsep Trigonometri Dalam Menentukan Waktu Shalat Dengan Instrumen Sundial Di Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*. Sumatera Utara: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Riza, Muhammad Himmatur. (2018). *Sundial Horizontal dalam Penentuan Penanggalan Jawa Pranata Mangsa*. Semarang: UIN Walisongo.

Sari, Endang Ratna. (2012). *Studi Analisis Jam Bencet Karya Kiai Mishbachul Munir Magelang dalam Penentuan Awal Waktu Salat*. Semarang: IAIN Walisongo,.