

## THEODOLIT: SEJARAH EVOLUSI DALAM PENENTUAN ARAH KIBLAT

Muhamad Firli Yanto<sup>1</sup>, Ahmad Izzuddin<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>UIN Walisongo Semarang

Email: [muhammadfy03@gmail.com](mailto:muhammadfy03@gmail.com)<sup>1</sup>, [izzuddin@walisongo.ac.id](mailto:izzuddin@walisongo.ac.id)<sup>2</sup>

**Abstrak:** Abad ke-16 adalah embrio bagi alat ukur di dunia geodesi yang hingga saat ini dapat juga digunakan dalam penentuan arah kiblat, itulah Theodolit. Pada artikel ini, penulis berusaha menjelaskan sejarah evolusi Theodolit dari awal penemuannya hingga perjalanan penyempurnaan Theodolit di abad ke-21 saat ini. Penelitian ini berfokus pada penggunaan Theodolit dalam menentukan arah kiblat yang menjadi syarat sah solat bagi umat Islam di dunia. Saat ini, Theodolit adalah alat ukur sudut yang dapat menunjukkan dalam detik busur sehingga dugaan kuat alat ini memungkinkan menjadi alat dengan presisi tinggi dan dapat meyakinkan jamaah pada suatu masjid atau musholla untuk menghadap ke Ka'bah di Kota Makkah. Hasil dari penelitian di artikel ini adalah Theodolit merupakan alat yang sangat relevan untuk keperluan observasi ilmiah Ilmu Falak (menentukan arah kiblat). Dengan kolaborasi inovasi teknologi dan kebutuhan alat dalam penentuan arah kiblat, Theodolit secara tidak langsung menjadi pemersatu ilmu (*Unity of Science*) yang nyata dalam kehidupan saat ini. Artikel ini juga menekankan urgensinya Theodolit dalam dunia modern, sekaligus menggarisbawahi kontribusinya terhadap kebutuhan Agama Islam.

**Kata Kunci:** Alat Ukur Sudut, Arah Kiblat, Sejarah Theodolit.

**Abstract:** *The 16th century was the embryo for measuring instruments in the world of geodesy which until now can also be used in determining the direction of the Qibla, that is the Theodolite. In this article, the author tries to explain the history of the evolution of the Theodolite from its initial discovery to the journey of the Theodolite's refinement in the 21st century. This study focuses on the use of Theodolite in determining the direction of the Qibla which is a valid requirement for prayer for Muslims in the world. Currently, Theodolite is an angle measuring instrument that can show in arc seconds so that it is strongly suspected that this tool can be a tool with high precision and can convince the congregation in a mosque or prayer room to face the Kaaba in the city of Mecca. The results of the research in this article are that Theodolite is a very relevant tool for the needs of scientific observation of Astronomy (determining the direction of the Qibla). With the collaboration of technological innovation and the need for tools in determining the direction of the Qibla, Theodolite indirectly becomes a real unifier of science (Unity of Science) in today's life. This article also emphasizes the urgency of Theodolite in the modern world, while also underlining its contribution to the needs of Islam.*

**Keywords:** *Angle Measuring Instrument, Qibla Direction, Theodolite History.*

## PENDAHULUAN

Terbukanya kran teknologi yang semakin pesat dan lintas kajian sangat berdampak kepada semua lini kehidupan, tidak terkecuali dalam kajian Bidang Geodesi dan Ilmu Falak. Kajian lintas bidang yang secara tidak langsung tersebut membuktikan bahwa pentingnya kesatuan ilmu (*Unity of Sciences*) dari satu bidang ke bidang yang lainnya. Seblum adanya kolaborasi dengan ilmu Geodesi, penentuan arah kiblat ditentukan dengan instrument falak yang berhasil dilahirkan oleh tangan-tangan ulama muslim. Namun ada juga yang menentukan kiblat dengan hanya melihat pada gambar di Peta. Padahal menentukan kiblat tidak sesederhana yang demikian, karena banyak factor yang harus dikoreksi termasuk yang menjadi landasan perhitungan dengan menggunakan lingkaran besar (*great circle*) dan titik bumi sebagai acuannya. (Ahmad Izzuddin, 2012) oleh karena itulah, perlu adanya kolaborasi instrument untuk menentukan arah kiblat sehingga benar-benar presisi, salah satunya menggunakan Theodolit.

Sejarah pengukuran arah kiblat mencerminkan kemajuan dalam ilmu astronomi dan pengukuran. Di masa awal peradaban islam, para ilmuwan seperti Al-Battani dan Al-Khwarizmi menggunakan alat yang ditemukan saat itu untuk menentukan arah kiblat berdasarkan pengamatan posisi bintang dan matahari. Metode ini, meskipun akurat dalam konteks lokal, masih menghadapi tantangan dalam penyesuaian dengan variasi tempat di teritorial yang lain. Oleh karena itu, perkembangan alat ukur menjadi lahan yang tepat untuk meningkatkan ketepatan pengukuran. (Apipah and Nuraini 2020)

Theodolit, sebagai alat ukur sudut, telah mengalami evolusi signifikan sepanjang sejarah. Awalnya, theodolit sederhana digunakan oleh para astronom untuk mengukur posisi benda langit. Dengan kemajuan teknologi, terutama pada abad ke-16 dan ke-17, theodolit menjadi alat yang lebih presisi, memungkinkan pengukuran yang lebih akurat terhadap arah kiblat dan posisi benda langit. Evolusi ini menunjukkan adaptasi alat ukur terhadap kebutuhan ilmiah yang berkembang (Hassan, R 2015).

Dengan masuknya era digital, pengukuran arah kiblat semakin dipermudah melalui integrasi teknologi modern. Penggunaan *Global Positioning System* (GPS) dan perangkat

lunak pemetaan telah mempercepat dan meningkatkan akurasi dalam menentukan arah kiblat. Metode ini sangat berguna bagi umat Islam di berbagai belahan dunia yang memerlukan ketepatan dalam menentukan arah kiblat dalam rangka menjalankan ibadah. Transformasi ini tidak hanya mempermudah praktis, tetapi juga memastikan bahwa umat Islam dapat melaksanakan ibadah dengan tepat (Zulkifli, M 2020).

Penelitian dengan tema Theodolit tentu sudah banyak digarap oleh para sarjana. Ilmuan pada bidang geodesi umumnya meneliti Theodolit untuk menunjang pengukuran sudut dalam pembuatan gedung, jalan raya, rel kereta api dan lain sebagainya. Begitu juga ilmuan yang berkonsentrasi pada Ilmu Falak, meneliti Theodolit untuk menjadi instrument pembanding atau bahkan objek penelitian terhadap akurasi sudut atau arah menghadap kiblat. Tentu kajian yang penulis susun cukup berbeda dengan penelitian dengan tema yang serupa. Peneliti berusaha mengungkap sejarah evolusi Theodolit yang menjadi bagian integral pengukuran arah kiblat bagi umat Islam.

Dari pemaparan latar belakang di atas, penulis merasa memerlukan sebuah penelitian untuk mengeksplorasi sejarah evolusi theodolit dalam konteks pengukuran arah kiblat, serta kontribusinya terhadap praktik ibadah umat Islam. Dengan menganalisis perjalanan historis dan inovasi yang terjadi, diharapkan dapat memberikan wawasan baru mengenai peran vital theodolit dalam ilmu falak. Pemahaman yang lebih baik tentang alat ini akan memperkuat hubungan antara teknologi, sains, dan praktik keagamaan, serta meningkatkan apresiasi terhadap warisan ilmiah yang telah ditinggalkan oleh para ilmuan (Bakar, O 2018).

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kualitatif, penelitian ini juga memberikan ruang untuk interpretasi dan analisis naratif yang komprehensif. Untuk menunjang tulisan yang dimaksud, penulis akan melakukan Studi literatur dengan fokus pada pengumpulan dan analisis berbagai sumber tertulis yang relevan. Seperti Buku *Engineering Surveying Technology* karya T.J.M. Kennie dan *Modern Surveying Instrumen* terbitan The A Lietz Company. Selain buku juga didukung dengan artikel ilmiah atau jurnal seperti yang ditulis oleh Wallis D. dengan judul "*History of Angle*

*Measurement*”, Isabel Malaquias yang berjudul “*An eighteenth century travelling theodolite*” dan lain sebagainya.

Analisis literatur juga akan membantu menyoroti kontribusi para ilmuwan dan astronom Muslim dalam pengembangan teknik pengukuran. Selain itu, penelitian ini akan mencakup evaluasi kritis terhadap metode yang digunakan, serta tantangan yang dihadapi dalam menentukan arah kiblat. Dengan demikian, studi literatur tidak hanya berfungsi sebagai landasan teori, tetapi juga sebagai sumber data yang memperkaya pemahaman mengenai topik yang diangkat.

Kemudian pada akhirnya, penulis akan menganalisis data dalam penelitian ini dengan metode tematik, dengan tujuan untuk mengidentifikasi pola-pola yang muncul dari informasi yang dikumpulkan. Data yang diperoleh dari studi literatur akan diorganisir berdasarkan tema utama, seperti inovasi teknologi, akurasi pengukuran, dan dampak sosial dari penggunaan theodolit. Melalui analisis ini, peneliti akan dapat menyoroti hubungan antara perkembangan alat ukur dengan praktik pengukuran arah kiblat dalam konteks yang lebih luas.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Theodolit, secara etimologi, berasal dari kata Yunani "theo," yang berarti "melihat," dan "litos," yang berarti "batu." Ini menunjukkan fungsi dasar alat tersebut sebagai instrumen untuk "melihat" atau mengukur posisi dalam pengukuran sudut. Theodolit memainkan peran penting dalam pengukuran sudut horizontal dan vertikal, yang memungkinkan pengguna untuk menentukan lokasi dan orientasi objek dengan akurasi tinggi. Dalam dunia teknik dan geodesi, theodolit menjadi alat yang sangat esensial. (Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "theodolite". Encyclopedia Britannica, 11 Jun. 2024, <https://www.britannica.com/technology/theodolite>. Accessed 28 October 2024.)

Secara khusus, theodolit digunakan dalam survei, geodesi, dan astronomi untuk mengukur sudut dengan presisi tinggi. Alat ini biasanya terdiri dari teleskop yang dapat diputar pada sumbu horizontal dan vertikal, serta dilengkapi dengan skala yang memungkinkan pengukuran sudut. Dengan kemampuan ini, theodolit mendukung berbagai aplikasi, mulai dari pemetaan tanah hingga observasi astronomi. Dalam konteks

ilmu falak, theodolit memiliki fungsi signifikan dalam pengukuran posisi benda langit dan penentuan arah kiblat. Dengan akurasi tinggi yang ditawarkan oleh theodolit, pengamat dapat menentukan arah Ka'bah di Mekkah dengan tepat. Ini sangat penting untuk umat Islam, karena penentuan arah kiblat yang akurat adalah syarat sah dalam pelaksanaan ibadah salat. Kehadiran theodolit tidak hanya merevolusi pengukuran sudut dalam survei dan konstruksi, tetapi juga menjadi alat vital dalam keilmuan falak. Melalui kolaborasi inovasi teknologi dan kebutuhan agama, theodolit berperan sebagai pemersatu ilmu yang mendukung praktik ibadah yang benar, di Indonesia saja contohnya, alat yang familiar di wilayah keilmuan geodesi dinaturalisasikan menjadi alat pengukur kiblat di bidang keilmuan falak, inilah buah dari kesatuan ilmu (*Unity of Science*) yang selama ini dicanangkan oleh pakar.(Dr. Akrim, Muhammad Hidayat, and Dr. Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar 2020)

## Awal Mula dan Pengembangan Theodolit

Tidak banyak referensi yang mendeskripsikan history pada Abad ke-16 yang menandai periode awal penemuan dan pengembangan theodolit, sebuah alat yang menjadi fundamental dalam pengukuran sudut untuk ilmu geodesi dan astronomi. Dugaan kuat, theodolit pertama kali diperkenalkan oleh Leonard Digges, seorang ilmuwan dan matematikawan Inggris, yang mengembangkan versi awal dari alat ini sekitar tahun 1550.(Ronan 1992) Digges menggabungkan prinsip-prinsip pengukuran sudut dengan teknologi yang ada pada zamannya untuk menciptakan alat yang dapat digunakan dalam survei tanah dan pemetaan. Konsep pengukuran yang lebih akurat menjadi sangat penting pada masa ini, seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan peta yang lebih presisi untuk tujuan navigasi dan eksplorasi (Higgins, R.A. 1982).

Di Eropa, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi selama periode Renaissance memberikan dorongan besar bagi pengembangan theodolit. Ahli astronomi seperti Tycho Brahe juga berkontribusi pada peningkatan metode pengukuran posisi bintang dengan menggunakan alat pengukur sudut yang canggih.(Thoren and Wilson 1991) Pada saat itu, pengukuran sudut menjadi sangat penting untuk menentukan posisi benda langit, yang juga memiliki implikasi pada penentuan waktu salat dan arah kiblat

dalam tradisi Islam. Dengan kemampuan untuk mengukur sudut horizontal dan vertikal, theodolit menjadi alat yang penting dalam kegiatan astronomi dan navigasi, membantu ilmuwan dan pelaut dalam menentukan posisi mereka di bumi (Turner, A.J 1998).

Salah satu inovasi yang dihasilkan dari perkembangan theodolit pada abad ke-16 adalah penambahan mekanisme bidik dan pengukuran yang lebih baik, yang memungkinkan akurasi lebih tinggi. Para ilmuwan mulai menggunakan theodolit untuk melakukan pengukuran yang kompleks dan terperinci, tidak hanya untuk tujuan astronomis tetapi juga untuk survei tanah. Dengan meningkatnya permintaan akan pengukuran presisi, theodolit mulai digunakan oleh para insinyur dan surveyor untuk berbagai aplikasi, dari pembangunan infrastruktur hingga pemetaan wilayah. Ini menunjukkan bahwa alat ini tidak hanya berfungsi untuk ilmu pengetahuan, tetapi juga untuk aplikasi praktis dalam masyarakat (Wolf, A. 1939)

Akhirnya, perkembangan theodolit pada abad ke-16 membentuk dasar bagi inovasi yang lebih lanjut di abad ke-17 dan seterusnya. Alat ini tidak hanya menjadi penting dalam konteks pengukuran astronomis, tetapi juga membuka jalan bagi pengembangan teknik survei modern yang masih digunakan hingga saat ini (Xia 2006). Dengan demikian, theodolit pada abad ke-16 menandai langkah awal dalam pemahaman yang lebih baik tentang pengukuran posisi di bumi, yang memiliki dampak luas dalam berbagai disiplin ilmu, termasuk ilmu falak dan geodesi, serta praktik keagamaan seperti penentuan arah kiblat.



Gambar 1. Alat survei teodolit ditemukan oleh Leonard Digges pada abad ke-16.

Sumber : <https://madeupinbritain.uk/Theodolite>

## Perkembangan Theodolit di Abad 17

Pada abad ke-17, theodolit menjadi alat yang sangat penting dalam pengukuran sudut, khususnya dalam konteks ilmu falak. Sejak diperkenalkan, alat ini telah berkembang dari desain awal yang sederhana menjadi instrumen yang lebih kompleks dengan tambahan teleskop untuk meningkatkan akurasi. Penggunaan theodolit dalam menentukan arah kiblat, yakni arah yang harus dihadapi umat Islam saat melaksanakan salat, menjadi sangat relevan. Dengan kemampuannya untuk mengukur sudut secara presisi, theodolit membantu para astronom dalam menghitung azimuth kiblat, yang penting untuk memastikan bahwa arah yang diambil adalah benar, sesuai dengan lokasi geografis mereka (Higgins, R.A. 1982).

Kemajuan dalam teknik optik dan mekanik selama periode ini memungkinkan peningkatan kemampuan theodolit dalam peningkatan akurasi. Teleskop yang ditambahkan pada alat ini membuatnya mampu melakukan observasi lebih akurat terhadap bintang dan posisi matahari. Misalnya, astronom terkenal seperti Giovanni Domenico Cassini menggunakan theodolit untuk mengukur posisi planet dan bintang, yang juga membantu dalam menentukan arah berdasarkan posisi astronomis. (Robertson 2018) Pada konteks religi, pengukuran posisi matahari dan bintang sangat penting dalam tradisi Islam untuk menentukan arah kiblat yang diharapkan lebih akurat, menandai sinergi antara ilmu pengetahuan dan praktik keagamaan (Wolf, A. 1939)

Penggunaan theodolit tidak hanya terbatas pada ilmu falak, tetapi juga meluas ke survei tanah dan perencanaan kota. Dalam konteks ini, alat ini digunakan oleh ilmuwan seperti Sir Christopher Wren dalam proyek perencanaan kota London pasca-kebakaran besar pada tahun 1666. Christopher Wren berusaha membujuk Raja Charles II untuk membangun kembali London sesuai dengan prinsip-prinsip terbaik urbanisme barok, dengan jalan-jalan lurus yang lebar, simetri aksial, titik akhir yang monumental, dan tepi laut dengan dermaga terbuka. (Hebbert 2020) Pengukuran presisi yang dilakukan dengan theodolit sangat penting untuk memastikan bahwa struktur baru sesuai dengan orientasi yang tepat, termasuk arah kiblat. Hal ini menunjukkan bagaimana pengembangan alat ukur ini memberikan dampak langsung pada perencanaan urban yang mengintegrasikan aspek religius ke dalam infrastruktur kota (Wolf, A. 1939)

Pada akhir abad ke-17, theodolit telah menjadi alat yang sangat vital dalam survei geodesi dan astronomi, membuka jalan bagi pengembangan instrumen modern. Inovasi lebih lanjut pada abad selanjutnya, termasuk model-model yang lebih portabel dan akurat, berakar pada kemajuan yang dicapai selama abad ke-17. Alat ini tidak hanya memengaruhi pengukuran arah kiblat, tetapi juga memperkuat posisi ilmu falak dalam kehidupan sehari-hari umat Islam. Dengan demikian, theodolit berkontribusi pada perkembangan ilmu pengetahuan yang lebih luas, sekaligus mengakomodasi kebutuhan praktis umat beragama dalam menjalankan ibadah (May, W.E.1973)

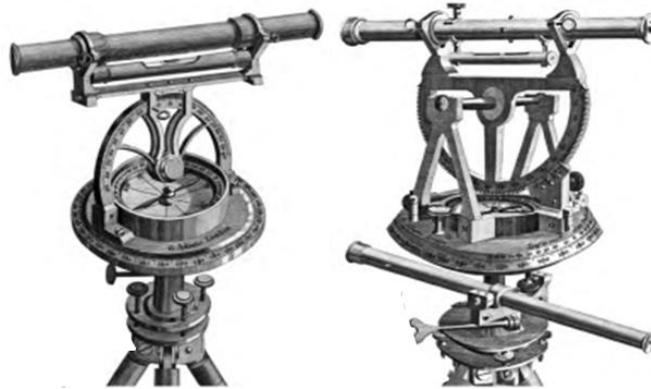
## **Perkembangan Theodolit di Abad 18**

Abad ke-18 merupakan periode penting dalam evolusi theodolit, di mana alat ini mengalami sejumlah inovasi yang signifikan, terutama dalam hal desain dan fungsi. Pada saat ini, teknik manufaktur mulai berkembang pesat, memungkinkan pembuatan theodolit yang lebih presisi dan tahan lama. Peningkatan dalam penggunaan bahan berkualitas tinggi dan teknik perakitan yang lebih baik membuat instrumen ini menjadi lebih andal. Hal ini menarik perhatian para ilmuwan dan insinyur, yang semakin mengandalkan theodolit untuk survei tanah dan pengamatan astronomis, serta untuk aplikasi rekayasa sipil (Baker, D 2001).

Salah satu inovator kunci pada abad ke-18 adalah William Roy, seorang anggota Royal Society di Inggris, yang dikenal karena kontribusinya dalam survei geodesi.(Welfare 2022) Roy menggunakan theodolit untuk mengukur jarak dan sudut dalam proyek survei besar, termasuk survei pertama yang menghubungkan London dengan Edinburgh. Pendekatan sistematis yang dia terapkan dalam pengukuran menunjukkan kemampuan theodolit yang semakin berkembang dan pentingnya alat ini dalam pemetaan dan perencanaan infrastruktur. Penggunaan theodolit oleh Roy dan ilmuwan lainnya memperkuat posisi alat ini sebagai instrumen vital dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknik (Hassan, R 2015).

Pada akhir abad ke-18, theodolit mengalami transformasi menjadi instrumen yang lebih canggih dengan penambahan fitur-fitur baru, seperti skala vernier dan mekanisme otomatis. Peningkatan ini memungkinkan pengukuran yang lebih cepat dan akurat,

memfasilitasi berbagai proyek survei yang kompleks. Theodolit tidak hanya digunakan dalam konteks astronomi, tetapi juga menjadi alat standar dalam proyek-proyek teknik dan pembangunan. Dengan demikian, abad ke-18 menandai kemajuan signifikan dalam desain dan penggunaan theodolit, yang terus berkontribusi pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi hingga saat ini (Hassan, R 2015)



Gambar 2. Theodolite oleh George Adams Tahun 1791 / Abad 18

(Sumber: Adams, 1791, plat 16; milik Biblioteca Nacional de Portugal) lihat juga pada MALAQUIAS, Isabel. An eighteenth century travelling theodolite. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, Rio de Janeiro, v.23, n.3, jul. set. 2016, p.669-681.

## Perkembangan Theodolit di Abad 19

Abad ke-19 adalah era transformasi besar bagi theodolit, di mana alat ini mengalami inovasi teknologi yang memperkuat posisinya sebagai instrumen esensial dalam survei dan pengamatan astronomis. Dengan kemajuan di bidang manufaktur dan material, theodolit mekanik mulai menggunakan bahan yang lebih ringan dan kuat, seperti logam dan kaca berkualitas tinggi. Inovasi-inovasi ini tidak hanya meningkatkan ketahanan alat, tetapi juga akurasi pengukuran. Seiring dengan pengenalan fitur baru seperti mekanisme otomatis dan skala vernier, theodolit menjadi lebih mudah digunakan dan lebih efisien dalam pengukuran sudut (Zulkifli, M 2020).

Salah satu tokoh penting dalam pengembangan theodolit pada abad ke-19 adalah Carl Friedrich Gauss, yang menerapkan theodolit dalam survei geodesi yang ambisius. Gauss menggunakan alat ini untuk menentukan posisi dan bentuk Bumi dengan akurasi

tinggi. Karyanya dalam bidang ini tidak hanya menunjukkan kekuatan dan ketepatan theodolit, tetapi juga membantu menetapkan dasar bagi pengukuran geodesi modern. Theodolit menjadi instrumen yang tidak terpisahkan dalam proyek-proyek survei yang lebih kompleks, termasuk pemetaan dan pembangunan infrastruktur, seperti rel kereta api dan jalan raya (Hassan, R 2015).

Perkembangan selanjutnya pada abad ke-19 termasuk pengenalan theodolit digital yang pertama, yang mulai muncul menjelang akhir abad tersebut. Meskipun masih dalam tahap awal, teknologi ini menandakan transisi dari instrumen mekanik ke instrumen elektronik (Kroger 1991). Theodolit digital meningkatkan akurasi pengukuran dan mempercepat proses survei, memungkinkan pengguna untuk melakukan pengukuran yang lebih kompleks dengan lebih efisien. Dengan inovasi yang terus berlanjut, theodolit tetap menjadi alat yang relevan dan krusial dalam bidang ilmu pengetahuan, teknik, dan astronomi (Baker, 2001).



Gambar 3. Theodolite pada abad ke 19

Sumber : Bjørn Ragnvald Pettersen, *Introducing theodolites for mapping in Norway*, Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography.

## Perkembangan Theodolit di Abad 20

Abad ke-20 membawa revolusi besar dalam desain dan fungsi theodolit, terutama dengan kemajuan teknologi yang mengarah pada pengembangan theodolit digital. Inovasi ini mengubah cara pengukuran sudut dan pengamatan dilakukan, memberikan tingkat akurasi yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan instrumen mekanik tradisional.

Theodolit digital menggunakan teknologi elektronik untuk mengukur sudut secara otomatis dan dapat menyimpan data pengukuran, yang mempermudah proses survei dan analisis. Hal ini memungkinkan insinyur dan surveyor untuk melakukan pekerjaan mereka dengan lebih efisien dan akurat, serta mengurangi kemungkinan kesalahan manusia dalam pengukuran (Zulkifli, 2020).

Seiring dengan perkembangan theodolit digital, pengenalan Global Positioning System (GPS) juga mulai mempengaruhi penggunaan theodolit. Meskipun GPS menawarkan metode pengukuran yang lebih cepat dan mudah, theodolit tetap relevan karena kemampuannya untuk memberikan data yang sangat akurat pada skala local (Boyer 1962). Dalam konteks survei yang memerlukan presisi tinggi, theodolit tetap menjadi alat pilihan, sering kali digunakan bersama dengan teknologi GPS untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi survei. Kolaborasi antara teknologi tradisional dan modern ini membuka peluang baru dalam bidang geodesi dan pemetaan (Hassan, 2015).

Akhir abad ke-20 juga menyaksikan peningkatan dalam perangkat lunak yang mendukung pengolahan data yang diperoleh dari theodolit. Dengan adanya program pemetaan dan analisis yang canggih, data yang diambil dari theodolit dapat diolah dengan lebih cepat dan akurat, menghasilkan peta dan model yang lebih baik. Ini memungkinkan para profesional dalam bidang survei, konstruksi, dan geodesi untuk bekerja lebih efisien dan membuat keputusan berbasis data yang lebih tepat. Dengan demikian, theodolit di abad ke-20 tidak hanya bertahan sebagai alat ukur yang penting, tetapi juga beradaptasi dengan teknologi baru untuk memenuhi kebutuhan yang terus berkembang dalam dunia ilmu pengetahuan dan teknik (Baker, 2001).



Gambar 4. Theodolit pada Abad 20

Sumber : Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Panduan Penggunaan Theodolit*, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Hlm. 9.

## **Perkembangan Theodolit di Abad 21 dan Penggunaannya dalam Penentuan Arah Kiblat**

Memasuki abad ke-21, theodolit telah bertransformasi menjadi alat yang sangat canggih, menggabungkan teknologi digital dengan desain mekanik yang telah ada sebelumnya. Peningkatan ini mencakup fitur-fitur seperti layar digital, pengukuran otomatis, dan kemampuan konektivitas dengan perangkat lunak pemetaan. Hal ini memungkinkan pengguna untuk melakukan pengukuran sudut dengan tingkat presisi yang lebih tinggi dan dalam waktu yang lebih singkat. Dengan demikian, theodolit modern menjadi alat yang esensial dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam penentuan arah kiblat yang tepat (Zulkifli, 2020).

Dalam konteks penentuan arah kiblat, theodolit digunakan untuk mengukur sudut antara lokasi pengguna dan Ka'bah di Mekkah. Dengan menggunakan titik referensi tertentu, seperti posisi matahari atau bintang, pengguna dapat menentukan arah kiblat dengan akurasi yang sangat tinggi. Keakuratan pengukuran ini penting, terutama bagi umat Islam yang ingin memastikan bahwa mereka menghadap ke arah yang benar saat beribadah. Theodolit berfungsi sebagai alat yang memadukan pengetahuan astronomis dan teknik pengukuran untuk membantu umat Islam dalam menjalankan kewajiban mereka dengan lebih baik (Hassan, 2015).

Salah satu keuntungan dari penggunaan theodolit modern adalah kemampuannya untuk menyimpan dan mengolah data pengukuran secara otomatis. Dengan fitur ini, pengguna dapat dengan mudah mengulangi pengukuran atau membandingkan hasil dari lokasi yang berbeda. Selain itu, integrasi theodolit dengan perangkat lunak pemetaan memungkinkan analisis yang lebih mendalam dan visualisasi data yang lebih baik. Ini sangat berguna dalam perencanaan pembangunan masjid atau tempat ibadah lainnya, di mana penentuan arah kiblat yang akurat menjadi sangat penting (Baker, 2001).

Meskipun banyak aplikasi berbasis smartphone dan perangkat GPS yang juga dapat digunakan untuk menentukan arah kiblat, theodolit tetap menjadi pilihan utama dalam

situasi yang memerlukan tingkat presisi tinggi. Dalam konteks konstruksi atau survei yang lebih formal, theodolit menawarkan keandalan yang tidak dapat ditandingi oleh alat lain. Dengan akurasi tinggi yang ditawarkannya, theodolit menjadi alat yang ideal untuk memastikan bahwa struktur dibangun dengan benar dan sesuai dengan arah kiblat yang ditentukan (Zulkifli, 2020).

Dengan demikian, theodolit di abad ke-21 tidak hanya beradaptasi dengan kemajuan teknologi, tetapi juga terus memainkan peran penting dalam konteks keagamaan dan spiritual. Kombinasi antara keilmuan dan praktik keagamaan menunjukkan bagaimana inovasi dapat mendukung kebutuhan umat dalam menjalankan ibadah. Keberadaan theodolit modern memastikan bahwa umat Islam di berbagai belahan dunia dapat menemukan arah kiblat dengan akurat, menggabungkan tradisi ilmiah dengan kepercayaan spiritual yang mendalam (Hassan, 2015).



Johnson Level 40-6935



Nikon NE102



Topcon DT 209

Gambar 4. Jenis Theodolit di Abad 21. Desain lebih elegandan portable, data disajikan dalam bentuk digital, dan ketelitian di detik busur.

## Theodolit dalam Kajian Ilmu Falak

Di dalam kitab suci Al-Qur'an, Allah SWT. Berfirman :

وَمِنْ حَيْثُ خَرَجْتَ فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ وَإِنَّهُ لَلْحَقُّ مِنْ رَبِّكَ وَمَا اللَّهُ بِغَافِلٍ عَمَّا تَعْمَلُونَ

Artinya : *“Dari mana pun engkau (Nabi Muhammad) keluar, hadapkanlah wajahmu ke arah Masjidilharam. Sesungguhnya (hal) itu benar-benar (ketentuan) yang hak (pasti, yang tidak diragukan lagi) dari Tuhanmu. Allah tidak lengah terhadap apa yang kamu kerjakan”*. (QS. Al-Baqarah/02 : 149)

Begitu juga Nabi Muhammad SAW selaku sosok yang mengajarkan kandungan isi Al-QUR'an memerintahkan umatnya untuk menghadap kiblat saat melaksanakan solat. Hadits beliau :

إِذَا قُمْتَ إِلَى الصَّلَاةِ فَاسْبِغِ الوُضوءَ ثُمَّ اسْتَقْبِلِ الْقِبْلَةَ فَكَبِّرْ

Artinya : *"Apabila kamu mendirikan salat, maka sempurnakan wudhu-mu, kemudian hadapkanlah wajahmu ke kiblat dan takbirlah."* (Imam Muhammad bin Ismail Al-Bukhari, Sahih Bukhari, Jilid 1, No. 750)

Begitulah arah kiblat yang disyariatkan oleh agama Islam, untuk itu sangat penting bagi pemeluk agama Islam untuk mengetahui tata cara hingga menemukan arah yang presisi. Agar pemahaman tentang kiblat lebih focus, berikut ini penulis paparkan beberapa arti arah kiblat yang sedang kita diskusikan. Kiblat adalah arah yang dituju oleh umat Islam saat melaksanakan salat, yaitu ke Ka'bah yang terletak di Masjidil Haram, Mekah. Menurut para ahli fikih, kiblat memiliki makna yang sangat penting dalam ibadah karena mengarahkan hati dan fokus seorang Muslim kepada Allah. Dalam konteks salat, arah kiblat menjadi simbol persatuan dan kesatuan umat Islam di seluruh dunia, meskipun mereka berada di berbagai belahan bumi yang berbeda. Syekh Utsaimin menyatakan bahwa kiblat adalah arah yang ditetapkan oleh Allah untuk salat dan menekankan pentingnya kesatuan dalam ibadah tersebut (Utsaimin 2004).

Menurut Imam Al-Mawardi, kiblat merupakan salah satu syarat sahnya salat. Beliau menegaskan bahwa arah kiblat harus dipastikan dengan tepat; jika seorang Muslim melaksanakan salat tanpa mengarah ke kiblat, maka salat tersebut tidak sah. Dalam hal ini, para ulama menganjurkan untuk menggunakan alat atau metode tertentu, seperti kompas, untuk memastikan arah kiblat yang benar. Dalam kitab Al-Hawii, Al-Mawardi

menjelaskan bahwa penentuan kiblat sangat krusial agar ibadah dapat diterima oleh Allah (Al-Mawardi, 1998)

Di samping itu, Imam Syafi'i menambahkan bahwa penentuan kiblat juga melibatkan pengertian mengenai batasan wilayah. Dalam pandangannya, umat Islam di suatu daerah harus mengacu pada arah kiblat yang ditentukan berdasarkan lokasi geografis mereka. Hal ini menunjukkan betapa pentingnya aspek ilmiah dalam menentukan arah kiblat, serta bagaimana aspek ini diintegrasikan dalam praktik sehari-hari umat Islam. Pemikiran ini bisa ditemukan dalam Al-Umm, di mana Imam Syafi'i menguraikan berbagai metode penentuan kiblat yang akurat dan memberikan penjelasan mendalam tentang hal ini (Syafi'i, 1990, hlm. 204).

Akurasi theodolite dalam menentukan arah kiblat sangat bergantung pada kalibrasi alat. Misalnya, jika sebuah theodolite tidak dikalibrasi dengan benar, hasil pengukuran mungkin menunjukkan sudut yang menyimpang hingga beberapa derajat. Ini bisa menjadi masalah besar, terutama di daerah yang memiliki jarak jauh ke Ka'bah, di mana kesalahan sekecil apapun bisa berakibat signifikan. Menurut Prof. Thomas Jamaluddin 1 derajat kemelencengan dari penentuan dapat memberikan selisih sekitar 111 km dari kakkah di Makkah.(Amalia, Syarif, and Khalik 2023) Oleh karena itu, penting untuk melakukan kalibrasi secara berkala agar akurasi alat tetap terjaga, seperti yang dilakukan oleh tim survei di masjid-masjid yang ingin memastikan arah kiblat yang tepat.(Dr. Akrim, Muhammad Hidayat, and Dr. Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar 2020)

Disamping kalibrasi alat sebelum melakukan penetapan arah kiblat, Posisi geografis pengamat juga memengaruhi akurasi pengukuran. Contohnya, seorang pengamat di Jakarta yang ingin menentukan arah kiblat perlu mengetahui koordinat lokasi dengan tepat—yakni sekitar  $6^{\circ}$  S dan  $106^{\circ}$  E, begitu juga dengan tempat-tempat pengukuran lainnya. Jika pengamat tidak mengetahui posisinya dengan jelas atau menggunakan peta yang tidak akurat, hasil pengukuran bisa menyimpang jauh dari arah sebenarnya. Hal ini menunjukkan pentingnya pemahaman tentang geografi lokal saat menggunakan theodolite untuk pengukuran arah.(Budiwati 2016)

Halangan fisik dan factor cuaca (alam), seperti gedung tinggi, pohon, atau struktur lainnya, dapat mengganggu garis pandang pengamat. Misalnya, jika pengamat berada di

pusat kota dengan banyak gedung pencakar langit, mereka mungkin tidak dapat melihat matahari dengan jelas. Dalam situasi ini, meskipun theodolite dapat mengukur sudut, kesulitan dalam melihat titik referensi yang diperlukan dapat menghasilkan pengukuran yang kurang akurat. Sebab untuk menentukan utara sejati (*true north*) pengamat sangat mengandalkan azimuth matahari (Hambali 2011). Faktor cuaca juga memainkan peranan penting dalam akurasi pengukuran. Sebagai contoh, jika seorang pengamat mencoba mengukur arah kiblat saat terjadi hujan lebat atau kabut tebal, visibilitas akan sangat berkurang. Dalam kondisi seperti itu, meskipun theodolite dapat berfungsi, pengamat mungkin mengalami kesulitan dalam menentukan arah yang tepat. Oleh karena itu, sebaiknya melakukan pengukuran pada hari dengan cuaca baik, seperti saat cuaca cerah, untuk meningkatkan akurasi pengukuran. Itulah mengapa, pemilihan lokasi pengamatan yang memiliki visibilitas yang jelas, seperti lapangan terbuka, serta memastikan kondisi cuaca bersabab untuk observasi menjadi sangat penting dalam penentuan arah kiblat. (Rahmi and Agustio 2021)

Dengan memperhatikan semua faktor ini, maka theodolite dapat menjadi alat yang sangat akurat untuk menentukan arah kiblat. Kombinasi antara kalibrasi yang baik, memastikan lokasi yang tepat, dan kondisi cuaca yang mendukung akan meningkatkan kualitas pengukuran. Misalnya, banyak masjid di daerah pedesaan memilih lokasi yang tinggi dan terbuka untuk memastikan pengukuran yang lebih akurat. Dengan demikian, penggunaan theodolite dalam menentukan arah kiblat dapat diandalkan, asalkan dilakukan dengan perhatian terhadap detail dan kondisi sekitar (Hambali 2014).

Dalam penerapannya menentukan arah kiblat, theodolite dapat dipraktikkan dengan langkah-langkah berikut ini : (Dr. Akrim, Muhammad Hidayat, and Dr. Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar 2020)

#### Tahap Persiapan

1. Pasang tripod di tempat yang mendapat sinar Matahari;
2. Pasang Theodolite di atas Tripod;
3. Lakukan *centering* menggunakan optik atau gunakan bandul (*plumb*) dan lakukan *leveling* pada alat sehingga gelembung nivo bulat dan nivo tabung berada di tengah. Untuk memudahkan, lakukan leveling pada ketiga sisi bagian tripodnya Jika sudah

presisi pada ketigasisinya maka secara otomatis nivo tabung berada ditengah bulatannya dan theodolite sdah berdiri dalam keadaaan presisi;

4. Pastikan theodolit siap digunakan seperti memeriksa baterai dan semua bagian theodolit dapat berfungsi dengan baik.

Kemudian, proses dapat dilanjutkan ke tahap penetapan arah kiblat menggunakan theodolite dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut ini :

1. Siapkan jam yang telah terkalibrasi;
2. Bidik Matahari menggunakan teknik proyeksi atau gunakan filter dan pastikan posisi bulatan Matahari tepat di tengah teleskop theodolite. Catat waktu saat pembidikan yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan posisi azimuth matahari;
3. Hidupkan power on dan amati azimuth menunjukkan angka nol derajat;
4. Cocokkan data azimuth matahari saat pembidikan dengan data astronomis. Contoh azimuth matahari pada Tanggal 09 April 2018 Pukul 09:00 Wib yaitu  $83^{\circ}03'$ ;
5. Gunakan data azimuth Matahari untuk menentukan arah Utara Sejati dengan cara:
  - a) Putar theodolit sesuai selisih angka azimuth Matahari terhadap Arah Utara Sejati yaitu  $360^{\circ} - 83^{\circ}03' = 276^{\circ} 57'$
  - b) Kunci pengatur horisontal dan lakukan RESET sehingga HA  $0^{\circ} 0' 0''$
6. Untuk menentukan arah kiblat, putar theodolit ke arah azimuth arah kiblat sesuai hasilperhitungan. Contoh Azimuth Kota Medan (OIF UMSU) yaitu  $292^{\circ} 46'$ ;
7. Lakukan pemberian tanda menggunakan peralatan yang disediakan.Tandai titik pertama dan kedua lalu hubungkan dan bentuk sebuah garis dengan menggunakan bantuan tabung teleskop atau laser yang terdapat pada theodolite tersebut;

Untuk memberi tanda ditempat lain yang memiliki kubik yang sama dapat melakukan cara dengan sistem mal dengan menggunakan sebuah kertas, lipat kertas sesuai dengan hasil pengukuran, lalu kertas tersebut dapat digunakan untuk tempat lain yang memiliki ukuran dan arah sudut kubik yang sama

## KESIMPULAN

Sejarah perkembangan theodolit mencerminkan evolusi teknologi yang signifikan dari alat ukur sederhana menjadi instrumen canggih yang sangat penting dalam berbagai bidang. Dari penemuan awal oleh tokoh seperti Leonard Digges dan Thomas Harriot pada abad ke-16 hingga pengembangan di abad ke-21, theodolit telah mengalami banyak inovasi yang meningkatkan akurasi dan efisiensinya. Dengan fitur-fitur modern yang mengintegrasikan teknologi digital, theodolit kini menjadi alat yang tak tergantikan dalam pengukuran sudut dan pengamatan astronomis.

Penggunaan theodolit dalam penentuan arah kiblat menunjukkan bagaimana alat ini telah beradaptasi dengan kebutuhan praktis umat Islam. Dengan kemampuan untuk mengukur sudut dengan presisi tinggi, theodolit membantu umat dalam menjalankan ibadah mereka dengan lebih akurat. Integrasi antara pengetahuan ilmiah dan praktik keagamaan ini tidak hanya memperkuat peran theodolit dalam konteks spiritual, tetapi juga menunjukkan pentingnya alat ini dalam mendukung kegiatan sehari-hari umat Islam di seluruh dunia.

Akhirnya, theodolit di abad ke-21 tidak hanya relevan sebagai alat pengukur, tetapi juga sebagai simbol kemajuan dalam hubungan antara ilmu pengetahuan dan agama. Kombinasi inovasi teknologi dan tradisi keagamaan memperkuat posisi theodolit sebagai alat vital yang mendukung kebutuhan spiritual dan praktis umat. Dengan demikian, theodolit terus memainkan peran yang sangat penting dalam pengukuran, survei, dan penentuan arah kiblat, menciptakan jembatan antara sains dan spiritualitas yang akan berlanjut di masa depan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Mawardi, Abu al-Hasan Ali bin Muhammad. (1998). *Al-Hawii al-Kabir*. Beirut: Dar al-Fikr, hlm. 112
- Amalia, Nur, Muh. Rasywan Syarif, and Subehan Khalik. 2023. "Toleransi Kemelencengan Arah Kiblat." *HISABUNA: Jurnal Ilmu Falak* 4 (1). <https://doi.org/10.24252/hisabuna.v4i1.35802>.

- Apipah, Tazkia Dewi, and Annisa Nuraini. 2020. "Integrasi Ayat Al-Qur'an Dengan Hukum Kepler (Analisis Sains Modern Dengan Teks Al-Qur'an)." In *Prosiding Konferensi Integrasi Interkoneksi Islam Dan Sains*. Vol. 2.
- Boyer, Marc. 1962. "MEN WHO MADE THE SURVEY." *The Canadian Surveyor* 16 (2): 60–72. <https://doi.org/10.1139/tcs-1962-0016>.
- Budiwati, Anisah. 2016. "TONGKAT ISTIWA', GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS) DAN GOOGLE EARTH UNTUK MENENTUKAN TITIK KOORDINAT BUMI DAN APLIKASINYA DALAM PENENTUAN ARAH KIBLAT." *Al-Ahkam* 26 (1). <https://doi.org/10.21580/ahkam.2016.26.1.808>.
- Creswell, John W. 2020. *Penelitian Kualitatif & Desain Riset : Memilih Di Antara Lima Pendekatan. Mycological Research*.
- Dr. Akrim, M.Pd., M.Pd. Muhammad Hidayat, and MA Dr. Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar. 2020. "Buku Panduan Theodolit." *Can. J. Chem* 55.
- Hambali, Slamet. 2011. *Ilmu Falak I (Penentuan Awal Waktu Salat & Arah Kiblat Seluruh Dunia)*. Pascasarjana IAIN Walisongo.
- . 2014. *Menguji Tingkat Keakuratan (Hasil Pengukuran Arah Kiblat Menggunakan Istiwaaini Karya Slamet Hambali)*. IAIN Walisongo Semarang.
- Hebbert, Michael. 2020. "The Long After-Life of Christopher Wren's Short-Lived London Plan of 1666." *Planning Perspectives* 35 (2). <https://doi.org/10.1080/02665433.2018.1552837>.
- Izzuddin, Ahmad, 2012, "*Ilmu Falak Praktis*", (PT. Pustaka Rizki Putra)
- Kroger, K. 1991. "A History of Technological Development of Geodetic Instruments." *Mensuration, Photogrammetrie, Genie Rural* 11 (91).
- Malaquias, Isabel. 2016. "An Eighteenth Century Travelling Theodolite." *História, Ciências, Saúde-Manguinhos* 23 (3). <https://doi.org/10.1590/s0104-59702016000300004>.
- Patton, Michael Quinn. 2002. *Qualitative Research and Evaluation Methods. Qualitative Inquiry*. Vol. 3rd. <https://doi.org/10.2307/330063>.

- Rahmi, Nailur, and Yoga Agustio. 2021. "PENGUKURAN ARAH KIBLAT TEMPAT IBADAH DENGAN APLIKASI ARAH KIBLAT DAN AZIMUT MATAHARI." *Juris: Jurnal Ilmiah Syariah* 20 (1). <https://doi.org/10.31958/juris.v20i1.2829>.
- Robertson, Edmund. 2018. "Giovanni Domenico Cassini: A Modern Astronomer in the 17th Century , by Gabriella Bernardi ." *BSHM Bulletin: Journal of the British Society for the History of Mathematics* 33 (3). <https://doi.org/10.1080/17498430.2018.1450034>.
- Ronan, Colin A. 1992. "Leonard and Thomas Digges." *Endeavour* 16 (2). [https://doi.org/10.1016/0160-9327\(92\)90008-d](https://doi.org/10.1016/0160-9327(92)90008-d).
- Thoren, Victor E., and Curtis Wilson. 1991. "The Lord of Uraniborg: A Biography of Tycho Brahe ." *Physics Today* 44 (12). <https://doi.org/10.1063/1.2810359>.
- Wallis, David A. 2005. "History of Angle Measurement." *From Pharaohs to Geoinformatics FIG Working Week 2005 and GSDI-8 Cairo, Egypt April 16-21, 2005*.
- Welfare, Humphrey. 2022. *General William Roy, 1726-1790. General William Roy, 1726-1790*. <https://doi.org/10.1515/9781399505802>.
- Xia, Linyuan. 2006. "From Theodolite to Satellite." *Survey Review* 38 (300). <https://doi.org/10.1179/sre.2006.38.300.446>.
- .