

**APLIKASI TEORI GEODESI
DALAM PERHITUNGAN ARAH KIBLAT:
Studi Untuk Kota Banjarnegara, Purbalingga, Banyumas, Cilacap, Kebumen**

Marwadi

*STAIN Purwokerto
Jl. Jend. Ahmad Yani No. 40 A Purwokerto
Email: marwadi_2005@yahoo.com*

Abstrak

Para ulama sepakat bahwa menghadap kiblat menjadi syarat sahnya salat, tetapi mereka tidak sepakat bahwa orang yang salat wajib menghadap ke bangunan Ka'bah atau ke arah Ka'bah. Untuk kesempurnaan ibadah, diperlukan usaha mencari arah kiblat yang tepat. Teori yang biasa digunakan untuk menghitung arah kiblat adalah teori ilmu ukur segitiga bola (*spherical trigonometry*). Sekarang, teori geodesi dengan rumus vincenty menjadi teori yang lebih akurat digunakan untuk menghitung arah kiblat daripada teori *spherical trigonometry*. Tulisan ini berusaha menggambarkan penggunaan teori geodesi dalam perhitungan arah kiblat untuk kota Banjarnegara, Purbalingga, Banyumas, Cilacap dan Kebumen. Teori geodesi menghasilkan arah kiblat untuk kota Banjarnegara $294^{\circ}40'01.042''$, Purbalingga $294^{\circ}44'11.376''$, Banyumas $294^{\circ}45'25.582''$, Cilacap $294^{\circ}54'21.568''$, dan Kebumen $294^{\circ}44'16.752''$. Jika arah kiblat tersebut dibandingkan dengan arah kiblat yang selama ini dipedomani, maka terdapat selisih rata-rata $0^{\circ}7'32.74''$. Dengan adanya hasil perhitungan yang mempunyai tingkat akurasi lebih tinggi, tentu akan menambah keyakinan dalam beribadah, walaupun arah kiblat yang selama ini menjadi pedoman juga masih dalam lingkup menghadap kiblat.

Kata kunci: *aplikasi, teori geodesi, perhitungan, arah kiblat, Ka'bah*

Abstract

The scholars agree that facing the qibla becomes a prayer legal requirement, but they disagree in whether the prayers have to facing the Ka'bah building or the Ka'bah direction. For the perfection of worship, it is required to search for the right Qibla direction. The theory that has been used to calculate Qibla direction is spherical trigonometry theory. Now, the theory of geodesy with vincenty formula becomes more accurate theory used to calculate the direction of Qibla than the theory of spherical Trigonometry. This paper describes the use of the theory of geodesy in the calculation of the Qibla direction for cities of Banjarnegara, Purbalingga, Banyumas, Cilacap and Kebumen. The geodetic theory produces Qiblah direction for city Banjarnegara at $294^{\circ}40'01.042''$, Purbalingga at $294^{\circ}44'11.376''$, Banyumas at $294^{\circ}45'25.582''$, Cilacap at $294^{\circ}54'21.568''$, and Kebumen at $294^{\circ}44'16.752''$. If such Qibla directions are compared with Qibla directions that have been used today, then there is an average difference of $0^{\circ}7'32.74''$. With the results of calculations that have a higher degree of accuracy, it would be more convincing in worship, although the direction of Qibla which has been used is still within the scope of facing the Qibla.

Keywords: *application, geodesy theory, calculations, qibla direction, Ka'ba*

A. Pendahuluan

Sebelum Nabi saw. hijrah ke Madinah, belum ada kewajiban menghadap kiblat bagi orang yang mengerjakan salat. Nabi saw. sendiri ketika salat berijtihad menghadap ke Baitul Maqdis. Ini dikarenakan waktu itu Baitul Maqdis adalah bangunan yang dianggap istimewa disamping ketika itu Ka'bah masih dikotori oleh banyaknya berhala orang-orang kafir. Tetapi walaupun Nabi saw. ketika salat di Mekah menghadap Baitul Maqdis, namun pada saat yang bersamaan Nabi saw. menghadap ke Ka'bah.¹ Hal itu terjadi karena koordinat Mekah tempat Ka'bah adalah 21° 25' Lintang Utara, 39° 50' Bujur Timur dan Yerusalem tempat Baitul Maqdis adalah 31° 47' Lintang Utara, 35° 14' Bujur Timur, yang berarti agar dapat menghadap ke Baitul Maqdis, maka penduduk Mekah harus menghadap ke arah Utara-Barat Laut. Ketika menghadap Utara-Barat Laut itulah kemudian Nabi saw. mengambil lokasi di sebelah selatan Ka'bah.² Demikian pula setelah Nabi saw. hijrah ke Madinah, beliau masih menghadap ke Baitul Maqdis selama 16 atau 17 bulan. Karena keinginan kuat Nabi saw. untuk menghadap ke Ka'bah, kemudian turunlah Q.S. al-Baqarah ayat 144³ yang kemudian disusul Q.S. al-Baqarah ayat 149-150.⁴ Ayat 144 menjadi dasar wajibnya menghadap kiblat ke Ka'bah ketika salat, sedang ayat 149-150 memperkuatnya.

Dari beberapa ayat di atas, para ulama sepakat bahwa menghadap kiblat menjadi syarat sahnya salat, sehingga tidak sah salatnya seseorang yang tidak menghadap kiblat kecuali dalam beberapa hal misalnya salat dalam keadaan takut, dan salat di atas kendaraan.⁵ Namun para ulama berbeda pendapat ketika menafsirkan ayat-ayat tersebut, apakah menghadap kiblat itu ke bangunan Ka'bahnya atau cukup ke arahnya saja. Menurut ulama Syafi'iyah dan Hanabilah, yang wajib adalah

menghadap ke bangunan Ka'bah. Menurut mereka, orang yang melihat Ka'bah wajib menghadap tepat ke bangunan Ka'bah, sedangkan orang yang tidak melihatnya, wajib niat dalam hatinya menghadap ke bangunan Ka'bah seraya menghadap ke arahnya. Sedangkan menurut ulama Hanafiyah dan Malikiyah, yang wajib adalah menghadap ke arah Ka'bah bagi orang yang tidak melihat Ka'bah (cukup menghadap ke arahnya). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kedua kelompok sepakat mewajibkan menghadap ke bangunan Ka'bah bagi orang yang melihat Ka'bah.⁶

Namun demikian, demi kesempurnaan amal ibadah perlu adanya usaha untuk mencari arah yang tepat menghadap ke Ka'bah. Menurut al-Jaziri bahwa barang siapa yang bertempat tinggal di Mekah atau berada dekat dengan Mekah, maka tidak sah salatnya kecuali menghadap ke bangunan Ka'bah secara yakin selama masih memungkinkan dan jika tidak memungkinkan maka wajib baginya berijtihad untuk mencari arah yang tepat menghadap ke kiblat.⁷

Sekarang ini, kemajuan iptek telah memberikan kemudahan kepada manusia untuk menentukan posisi yang tepat mengarah ke Ka'bah. Ketika kompas mulai digunakan di Indonesia untuk menentukan arah mata angin, selanjutnya digunakan juga dalam pengukuran arah kiblat. Kemudian, teknologi *Global Positioning System* atau GPS sebagai alat yang dapat menunjukkan koordinat di permukaan bumi secara akurat dan theodolit sebagai alat ukur sudut juga dapat dipergunakan untuk menentukan arah kiblat secara akurat. Beberapa *software* penentuan arah kiblat seperti *google earth*, *qibla locator*, *qibla direction* juga dapat dimanfaatkan untuk mengecek arah kiblat bangunan masjid. Dari metode-metode tersebut di atas, metode pengukuran dengan theodolit dan metode pengamatan *rasyd*

al-qiblah disimpulkan sebagai metode yang paling akurat.⁸

Jika dilihat dalam teori perhitungannya, penentuan arah kiblat menggunakan perhitungan besar sudut suatu tempat yang dihitung sepanjang lingkaran horizon dari titik Utara hingga titik perpotongan lingkaran vertikal yang menuju ke tempat tersebut dengan lingkaran horizon, searah dengan arah jarum jam. Teori yang selama ini digunakan adalah teori trigonometri bola atau *spherical trigonometry*.⁹ Teori trigonometri bola adalah teori ukur sudut bidang datar yang diaplikasikan pada permukaan berbentuk bola seperti bumi.

Sekarang teori geodesi dengan rumus Vincenti-nya juga dapat digunakan untuk membantu melakukan perhitungan arah kiblat. Prinsip yang digunakan dalam teori geodesi mirip dengan prinsip yang digunakan dalam teori trigonometri bola yaitu menggunakan lingkaran besar (*great circle*)¹⁰ sehingga menghasilkan sudut arah yang tidak konstan atau tetap. Hanya saja teori trigonometri bola menggunakan referensi bumi berbentuk bola, sedangkan teori geodesi dengan formula Vincenty menggunakan referensi bumi berbentuk ellipsoid.¹¹ Menurut hasil penelitian dari Misbah Khusurur dan Ahmad Izzuddin, teori geodesi inilah teori yang paling akurat untuk menentukan arah kiblat.¹²

Teori geodesi dengan rumus Vincenty-nya sebagai metode yang dapat digunakan untuk menghitung arah kiblat ditawarkan oleh Dr. Ing. Khafid seorang ahli geodesi dan astronomi dari Bakosurtanal. Formula Vincenty ini ditemukan oleh pakar geodesi Thaddeus Vincenty yang lahir 27 Oktober 1920 di Grodzisko Propinsi Lwów Polandia, dan meninggal 6 Maret 2002 di Washington Grove, Maryland, AS. Ia bekerja di US Air Force dan National Geodetic Survey dan terkenal karena formula Vincenty sebagai sebuah teknik perhitungan geodesi yang diterbitkan pada tahun 1975 yang dikenal sangat

akurat.¹³

Rumus Vincenty ini merupakan sebuah metode perhitungan arah dan jarak yang diciptakan untuk menghitung jarak geodesik antara sepasang titik Lintang atau Bujur di permukaan bumi, dengan menggunakan model ellipsoid akurat bumi. Rumus Vincenty bukan metode khusus yang hanya digunakan untuk menghitung arah kiblat dan jarak dari suatu tempat ke Ka'bah saja, melainkan juga untuk menghitung arah dan jarak tempat yang lain. Walaupun dipublikasikan pada tahun 1975, namun menurut Khafid, Rumus Vincenty ini diyakini yang paling akurat pada masa sekarang. Jika pada umumnya perhitungan arah kiblat dilakukan dengan menggunakan rumus trigonometri bola, maka di dalam ilmu geodesi dikenal rumus Vincenty untuk menghitung jarak dan arah dengan ketelitian tinggi. Rumus ini memperhitungkan bentuk bumi yang lebih mendekati ellipsoid dibanding dengan pendekatan rumus trigonometri bola yang berasumsi bumi berbentuk seperti bola.¹⁴

Seperti arah kiblat kota-kota lainnya di Indonesia, arah kiblat Kota Banjarnegara, Purbalingga, Banyumas, Cilacap, dan Kebumen atau yang dikenal dengan wilayah Barlingmascakeb juga dihasilkan dari proses perhitungan dengan menggunakan teori trigonometri bola atau *spherical trigonometri* yang selama ini dipedomani oleh Kementerian Agama RI. Hasil perhitungan arah kiblat dengan teori *spherical trigonometri* yang selama ini dipedomani adalah untuk Kota Banjarnegara $294^{\circ} 47'$, Purbalingga $294^{\circ} 51'$, Banyumas $294^{\circ} 53'$, Cilacap $295^{\circ} 02'$, dan Kebumen $294^{\circ} 52'$.¹⁵ Menurut penelitian Ahmad Izzudin bahwa selisih arah kiblat hasil perhitungan teori geodesi dibanding dengan teori *spherical trigonometri* untuk wilayah Indonesia berkisar sekitar 8 menit busur.¹⁶ Dengan adanya teori geodesi sebagai teori yang diyakini lebih akurat dibanding dengan

teori trigonometri bola, tentu perhitungan arah kiblat untuk Kota Banjarnegara, Purbalingga, Banyumas, Cilacap, dan Kebumen dengan teori geodesi menjadi penting dilakukan, agar didapatkan arah kiblat yang akurat sebagaimana dikehendaki oleh syarak. Sebenarnya setiap daerah yang arah kiblatnya ditentukan dari hasil perhitungan dengan teori *spherical trigonometri*, penting untuk dihitung ulang, namun karena terbatasnya waktu, tulisan ini hanya memfokuskan pada kota-kota seperti disebutkan di atas. Dari penjelasan di atas, tulisan ini bermaksud menggambarkan aplikasi teori geodesi dalam perhitungan arah kiblat untuk Kota Banjarnegara, Purbalingga, Banyumas, Cilacap, dan Kebumen. Kemudian menjelaskan selisih arah kiblat hasil perhitungan teori geodesi dengan arah kiblat yang selama ini dipedomani, serta bagaimana analisis fikih terhadap hasil perhitungan arah kiblat dengan teori geodesi serta selisih arah tersebut.

B. Arah Kiblat

1. Pengertian Arah Kiblat

Kata kiblat dari aspek bahasa berasal dari kata *qabala-yaqbulu-qiblatan* yang berarti menghadap.¹⁷ Menurut beberapa kamus, kiblat diartikan arah ke Ka'bah di Mekah (pada waktu salat),¹⁸ atau Ka'bah itu sendiri.¹⁹ Sementara itu, dalam ensiklopedi, kiblat diartikan sebagai bangunan Ka'bah atau arah yang dituju kaum muslimin dalam melaksanakan sebagian ibadah,²⁰ arah untuk menghadap pada waktu salat.²¹ Dalam kitab fikih, kiblat didefinisikan sebagai arah Ka'bah atau wujud Ka'bah.²² Kiblat juga menjadi sinonim dari kata *syatrah*, *al-simt*, dan *arah*.²³

Kiblat dalam literatur-literatur ilmu falak didefinisikan sebagai (1) Arah menuju Ka'bah (baitullah) melalui jalur paling terdekat, dan menjadi keharusan bagi orang muslim untuk menghadap ke arah tersebut pada saat melaksanakan ibadah salat, di manapun berada di

belahan dunia ini.²⁴ (2) Arah Ka'bah di Mekah yang harus dituju oleh orang yang sedang melakukan salat, sehingga semua gerakan salat, baik ketika berdiri, rukuk maupun sujud senantiasa berimpit dengan arah itu.²⁵ (3) Arah terdekat dari seseorang menuju Ka'bah dan setiap muslim wajib menghadap ke arahnya saat mengerjakan salat.²⁶ (4) Arah yang dihadapi oleh muslim ketika melaksanakan salat, yakni arah menuju ke Ka'bah di Mekah.²⁷

Dari berbagai definisi di atas dapat disimpulkan bahwa kiblat merupakan arah ke Ka'bah atau baitullah yang harus dituju umat Islam sebagai syarat dalam sebagian ibadah. Kiblat sebagai arah Ka'bah di Mekah dapat ditentukan dari setiap titik atau tempat di permukaan Bumi dengan melakukan perhitungan dan pengukuran. Oleh sebab itu, perhitungan arah kiblat pada dasarnya adalah perhitungan untuk mengetahui guna menetapkan ke arah mana Ka'bah di Mekah itu dilihat dari suatu tempat di permukaan Bumi ini, sehingga semua gerakan orang yang sedang melaksanakan salat, baik ketika berdiri, rukuk, maupun sujudnya selalu berimpit dengan arah yang menuju Ka'bah.²⁸

2. Hukum Menghadap Kiblat

Banyak ayat al-Qur'an dan hadis yang terkait dengan arah kiblat yang menjadi dasar ijtihad para ulama dalam menentukan hukum menghadap kiblat. Sebagian ayat dan hadis tersebut seperti:

قَدْ نَرَى تَقَلُّبَ وَجْهِكَ فِي السَّمَاءِ
فَلَنُؤَيِّنَنَّكَ قِبْلَةً تَرْضَاهَا فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ
الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ وَحَيْثُمَا كُنْتُمْ فَوَلُّوا وُجُوهَكُمْ
شَطْرَهُ وَإِنَّ الَّذِينَ أُوتُوا الْكِتَابَ لَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ
مِنْ رَبِّهِمْ وَمَا اللَّهُ بِغَافِلٍ عَمَّا يَعْمَلُونَ.²⁹

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ أَنَّ رَجُلًا دَخَلَ الْمَسْجِدَ
فَصَلَّى وَرَسُولُ اللَّهِ -صلى الله عليه وسلم- فِي
نَاحِيَةٍ وَسَاقَا الْحَدِيثِ يَمِثُلُ هَذِهِ الْقِصَّةِ وَزَادَا فِيهِ

إِذَا قُمْتَ إِلَى الصَّلَاةِ فَاسْتَبِقِ الْوُضُوءَ ثُمَّ اسْتَقْبِلِ
الْقِبْلَةَ فَكَبِّرْ.³⁰

عَنْ ابْنِ عَبَّاسٍ أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ -صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ
وَسَلَّمَ- قَالَ : الْبَيْتُ قِبْلَةٌ لِأَهْلِ الْمَسْجِدِ ، وَالْمَسْجِدُ
قِبْلَةٌ لِأَهْلِ الْحَرَمِ ، وَالْحَرَمُ قِبْلَةٌ لِأَهْلِ الْأَرْضِ فِي مَشَارِقِهَا
وَمَغَارِبِهَا مِنْ أُمَّتِي .³¹

Dari ayat al-Quran dan hadis di atas, semua ulama sepakat bahwa menghadap kiblat merupakan kewajiban dan menjadi syarat sahnya salat, sehingga tidak sah salat seseorang tanpa menghadap ke kiblat kecuali dalam keadaan tertentu seperti di kendaraan dan dalam keadaan takut. Bagi orang yang melihat langsung maka wajib menghadap ke bangunan Ka'bahnya.

Tetapi bagi orang yang jauh dari Ka'bah dan tidak dapat melihatnya secara langsung, maka para ulama berselisih apakah harus menghadap ke bangunan Ka'bah atau ke arahnya saja. Ulama Hanafiah seperti al-Kasani berpendapat bahwa bagi orang yang salat tidak akan lepas dari dua keadaan; *pertama*, ia mampu untuk melakukan salat dengan menghadap kiblat atau yang kedua ia melakukan salat tetapi tidak mampu untuk menghadap kiblat. Jika ia dapat melihat Ka'bah, maka ia wajib salat dengan menghadap kiblat dan kiblatnya adalah bangunan Ka'bah (*'ain al-ka'bah*) tersebut dari arah mana saja ia melihatnya. Sehingga, seandainya ia melenceng dari bangunan Ka'bah, tanpa menghadap kepada salah satu bagian bangunan Ka'bah, maka salatnya tidak sah. Jika ia tidak dapat melihat Ka'bah, maka ia wajib menghadap ke arah Ka'bah.³²

Ulama Malikiyah seperti Ibnu Rusyd berpendapat bahwa bagi orang yang melihat Ka'bah maka kiblatnya adalah bangunan Ka'bah, sedangkan bagi orang yang tidak dapat melihat Ka'bah, kiblatnya adalah ke arah Ka'bah karena seandainya menghadap ke bangunan Ka'bah itu suatu kewajiban, tentu hal ini

akan menyulitkan. Ibnu al-Arabi juga mengatakan bahwa pendapat yang kuat adalah bagi orang yang tidak melihat Ka'bah, maka kiblatnya adalah arah Ka'bah.³³

Dalam mazhab al-Syafi'i ada dua pendapat terkait hukum menghadap kiblat. *Pertama*, menurut al-Syirazi, al-Nawawi dan al-Bajuri bahwa al-Syafi'i berpendapat jika bagi orang yang sama sekali tidak memiliki petunjuk apapun tentang letak Ka'bah, tapi dapat melihat petunjuk ke arah kiblat, maka orang tersebut wajib berusaha untuk mengetahui kiblat melalui tanda-tanda alam seperti matahari dan bulan. Wajibnya tidak hanya ke arahnya saja, tetapi wajib menghadap tepat ke arah bangunan Ka'bah. Alasan mereka adalah hadis Nabi yang artinya "Sesungguhnya Rasulullah Saw setelah memasuki Ka'bah, beliau keluar lalu melakukan salat dengan menghadapnya". Kemudian beliau bersabda inilah kiblat.³⁴ Sedangkan menurut al-Muzanni dan al-Syarbini bahwa al-Syafi'i berpendapat yang wajib adalah menghadap ke arah Ka'bah dengan alasan seandainya yang wajib itu adalah menghadap kepada bangunan Ka'bah secara fisik, maka salat jamaah yang shafnya memanjang adalah tidak sah, sebab di antara mereka terdapat orang yang menghadap ke arah di luar dari bangunan Ka'bah. Dasarnya adalah hadis Nabi yang artinya "arah antara timur dan barat adalah kiblat."³⁵

Ulama mazhab Hambali seperti Ibnu Qudamah berpendapat bahwa bagi orang yang dapat melihat Ka'bah, maka ia wajib menghadap ke bangunan Ka'bah. Sebagian ulama dari mazhab Hambali berpendapat bahwa hukum menghadap kiblat terbagi menjadi; *pertama*, orang yang melihat langsung bangunan Ka'bah, atau ia termasuk penduduk Mekah, atau ia tinggal di Mekah tetapi berada di belakang penghalang buatan, seperti pagar, maka kiblatnya adalah menghadap ke bangunan Ka'bah tersebut secara yakin. *Kedua*,

orang yang mengetahui arah Ka'bah tetapi melalui orang lain, maka ia wajib menghadap ke *mihrab* dan kiblat mereka yang sudah dipasang. *Ketiga*, adalah orang yang tidak mengetahui bangunan Ka'bah, tetapi memiliki beberapa tanda-tanda untuk mengetahui kiblat itu, maka ia wajib berijtihad untuk dapat mengetahui arah kiblat. *Keempat* adalah orang yang buta dan orang yang tidak memiliki kemampuan untuk berijtihad, maka ia harus taklid kepada para mujtahid.³⁶ Dua kelompok terakhir dan orang-orang yang tinggalnya jauh dari Mekah wajib mencari tahu arah Ka'bah, bukan mengenai bangunan Ka'bah. Imam Ahmad berpendapat arah antara timur dan barat adalah kiblat. Karena itu, jika melenceng sedikit dari arah Ka'bah tersebut, maka shalatnya tidak perlu diulang. Walaupun begitu, ia harus teliti mengarahkan shalatnya pada bagian tengah kiblat. Dengan demikian, para ulama mazhab Hambali sepakat atas wajibnya menghadap ke arah Ka'bah bagi orang yang tidak dapat melihatnya, bukan menghadap ke bangunan Ka'bah.³⁷

3. Metode Penentuan Arah Kiblat

a. Melihat Benda-Benda Langit

Pada zaman sahabat, kedudukan bintang-bintang dan matahari dimanfaatkan sebagai petunjuk arah untuk menentukan arah kiblat. Bintang utama yang dijadikan pedoman dalam penentuan arah adalah bintang Polaris atau bintang Utara, yaitu satunya bintang yang menunjuk tepat ke arah utara bumi. Melalui melihat bintang ini dan beberapa bintang lain, arah kiblat dapat ditentukan dengan mudah. Ada juga rasi bintang yang dapat digunakan untuk menentukan arah kiblat yaitu rasi bintang Orion. Pada rasi ada tiga bintang berderet yang jika dihubungkan akan menuju arah kiblat yaitu *mintaka*, *alnilam* dan *alnitak*. Kemudian bintang yang paling dekat dengan planet kita, yaitu Matahari, di mana bayangannya digunakan untuk penentuan titik koordinat (lintang dan bujur) tempat di permukaan Bumi,

penentuan utara sejati, dan digunakan pula untuk menentukan arah kiblat pada beberapa waktu yang diperhitungkan yaitu dengan metode *rashd al-qiblah* dan penentuan posisi arah matahari untuk mengetahui arah kiblat dengan menggunakan berbagai alat bantu.³⁸

b. Dengan Menggunakan Alat Bantu

Penggunaan alat bantu dalam penentuan arah kiblat dilakukan setelah mengetahui arah atau sudut kiblat. Alat bantu aplikasi penentuan arah kiblat yang dapat digunakan adalah Kompas, Astrolabe dan Rubu' Mujayyab, Busur Derajat, Theodolit dan GPS (*Global Positioning System*), Segitiga kiblat, Mizwala, *Rashd al-qiblah* baik lokal maupun global, serta beberapa *software* arah kiblat.³⁹

Beberapa *software* yang bisa digunakan seperti *software* QiblaCalc 1.0 karya Monzur Ahmed dari Birmingham (Inggris), *software* Accurate Times karya Muh. Syaikat Audah dari Yordania, *software* Hisab Falak karya Aminudin E. Karwita dari Surabaya (Indonesia), *software* Mawaaqit yang dibuat oleh Khafid, *software* al-Miqat yang dibuat oleh Ahmad Izzuddin, *software* Google Maps, *software* Google Earth, dan *software* Qibla Locator.⁴⁰

4. Teori-teori Perhitungan Arah Kiblat

a. Teori Trigonometri Bola

Trigonometri berasal dari bahasa Yunani trigonon yang berarti segitiga atau tiga sudut dan metro yang berarti mengukur. Istilah trigonometri ini digunakan untuk sebuah cabang matematika yang berhadapan dengan sudut segitiga dan fungsi trigonometri seperti sinus, cosinus, dan tangen. Sedangkan bola yang dalam bahasa Inggris disebut *sphere* didefinisikan sebagai permukaan di mana semua titik berjarak sama dari sebuah titik pusat. Teori trigonometri bola (*spherical trigonometry*) secara terminologi didefinisikan sebagai ilmu ukur sudut bidang datar yang diaplikasikan pada permukaan berbentuk bola yaitu Bumi.

Teori trigonometri bola inilah yang selalu digunakan untuk menghitung arah kiblat. Teori ini banyak digunakan untuk menghitung persoalan-persoalan yang terkait dengan ilmu falak seperti penentuan awal bulan qamariah, menghitung waktu salat, gerhana matahari dan bulan, dan sebagainya.⁴¹

Teori trigonometri bola berbeda dengan trigonometri bidang datar. Dalam trigonometri bola dibahas sudut-sudut segitiga yang diaplikasikan pada bidang bola. Sedangkan dalam trigonometri bidang datar dibahas sudut-sudut segitiga yang diaplikasikan pada bidang datar. Trigonometri bidang datar hanya terbatas pada perhitungan segitiga siku-siku bidang datar. Sedangkan trigonometri bola lebih kompleks karena banyak berkaitan dengan posisi bumi, matahari, bulan dan sebagainya.⁴²

Teori trigonometri bola dapat digunakan untuk menentukan arah kiblat dengan menggunakan rumus-rumus segitiga bola untuk menentukan sudut yang dibentuk dari dua titik yang berada di atas bumi. Keberadaan bumi yang mendekati bentuk bola memudahkan perhitungan penentuan arah atau jarak sudut suatu tempat dihitung dari suatu tempat lain, meskipun sebenarnya bentuk bumi tidak berbentuk bola akan tetapi pepat di kedua kutubnya. Untuk perhitungan arah kiblat, ada 3 buah titik yang diperlukan, yaitu titik A terletak di Ka'bah ($\phi = 21^{\circ} 25' 25''$ (LU) dan $\lambda = 39^{\circ} 49' 39''$ (BT), titik B terletak di lokasi yang akan dihitung arah kiblatnya, titik C terletak di titik kutub Utara. Titik A dan titik C adalah dua titik yang tidak berubah, karena titik A tepat di Ka'bah dan titik C tepat di kutub utara. Sedangkan titik B senantiasa berubah tergantung pada tempat mana yang dihitung arah kiblatnya.⁴³

b. Teori Navigasi

Definisi navigasi yaitu ilmu pengetahuan (tentang posisi, jarak, dsb) untuk menjalankan kapal laut, pesawat, dan sebagainya dari suatu tempat ke

tempat lain. Dalam beberapa data, kata navigasi berasal dari bahasa Yunani, yaitu *navis*, yang artinya perahu kapal dan *agakt* yang artinya mengarahkan. Secara harfiah mengarahkan sebuah kapal dalam melakukan pelayaran. Dalam bahasa Sanskerta yaitu *navghatht* didefinisikan sebagai penentuan posisi dan arah di atas permukaan bumi. Istilah navigasi pada umumnya digunakan untuk keperluan pelayaran dan penerbangan, karena mempelajari navigasi sama artinya dengan belajar merekam dan membaca gambaran permukaan fisik bumi, serta bagaimana halnya menggunakan peralatan pedoman arah.⁴⁴

Sistem navigasi dalam penentuan arah pada dasarnya sudah digunakan sejak lama. Salah satu alat navigasi konvensional yang digunakan dalam penentuan arah adalah kompas magnetik. Kompas magnetik merupakan salah satu teknologi navigasi yang paling penting yang dihasilkan peradaban Islam, bapak sejarah sains Barat, George Sarton dalam *Introduction to the History of Science* mengungkapkan bahwa peradaban Cina telah lama mengenal potensi navigator jarum magnet. Namun, menurut Sarton potensi itu tak pernah dimanfaatkan peradaban Cina untuk membuat sebuah kompas. Menurut dia, peradaban Islamlah yang pertama kali menggunakan magnet sebagai alat penunjuk arah. Para sarjana Islam mengembangkan kompas dengan 32 titik. Sejarah mencatat, pada abad ke-11 para pelaut muslim menggunakan kompas marinir untuk pertama kalinya atau mungkin jauh sebelum itu sudah memakainya.⁴⁵

Dalam *Ensiklopedia Islam* disebutkan bahwa penggunaan magnet sebagai penunjuk arah dalam risalah untuk pertama kalinya muncul dalam kumpulan anekdot Persia bertajuk "*Jawami Al-Hikayah wa Lawami ar-Riwayah* (Kumpulan Hikayat dalam Riwayat-riwayat Cemerlang). Kompilasi anekdot itu ditulis oleh Muhammad Al-Rawi pada tahun 1230 M. Kemudian alat

navigasi yang modern seperti GPS sudah dapat dimanfaatkan umat muslim dalam menentukan arah kiblat, yaitu membantu dalam penentuan posisi (lintang dan bujur) dan waktu.⁴⁶

Alat seperti kompas dan peta menandakan berkembangnya navigasi. Teori navigasi yang terkait dengan penentuan arah kiblat pada dasarnya pernah ada pada konsep peta yang ada dalam navigasi. Ini bisa diketahui dari peta khusus buatan Islam untuk mencari sudut kiblat pada abad pertengahan peradaban Islam. Sebelum tahun 1989, ditemukan salinan unik dari sebuah risalah pada astronomi rakyat oleh Siraj al-Dunya al-Din, yang disusun pada tahun 607 H. Dalam hal ini menghubungkan lokalitas seseorang ke Mekah dan ukuran kecenderungan untuk meridian lokal seseorang meskipun masih sederhana, perkiraan sistem kerja bekerja cukup baik untuk daerah seperti Mesir dan Iran. Namun arah peta di sekitar horizon terlihat kasar karena berkaitan dengan terbit surya. Peta tersebut merupakan contoh unik kombinasi antara kanografi, matematika dan astronomi.⁴⁷

Sekilas sejarah tentang teori navigasi dalam penentuan arah kiblat ternyata memang pernah dibahas pada masa lampau. Teori navigasi pada aplikasinya merupakan teori yang digunakan untuk perjalanan menuju suatu tempat. Beberapa istilah erat dengan teori ini yakni tentang navigasi *loxodromic (mercator navigation)* yang memiliki arti harfiah jalur serong mengikuti arah yang tetap (misalnya merujuk pada utara sebenarnya) sehingga di peta mercator (peta datar) tampak jalurnya lurus, walau sebenarnya jalur di permukaan Bumi melengkung. Cara ini digunakan pada navigasi karena mudah mengikuti sudut arah yang tetap, walau jaraknya menjadi lebih jauh. Sedangkan *navigasi orthodromic* yang memiliki arti harfiah jalur lurus mengikuti arah lurus di permukaan Bumi, walau sudut arahnya (relatif terhadap garis bujur, selalu

berubah). Cara ini akan memperoleh jarak terdekat. Dalam teori trigonometri bola, jalur ini mengikuti lingkaran besar (lingkaran yang titik pusatnya di pusat bola). Dari istilah tersebut, teori navigasi pada dasarnya menggunakan jalur sudut yang tetap untuk memudahkan perjalanan agar tidak berbelok arah sehingga garis arahnya lurus pada peta mercator. Berbeda dengan jalur yang merupakan arah yang lurus pada permukaan Bumi akan tampak melengkung pada peta mercator.⁴⁸

C. Teori Geodesi dan Aplikasinya dalam Perhitungan Arah Kiblat

1. Pengertian Geodesi

Geodesi diambil dari bahasa Yunani, $\gamma\eta$ (geo) yang berarti bumi dan $\delta\alpha\tau\omega$ (daisia) yang berarti membagi, sehingga kata geodaisia atau geodeien berarti membagi bumi.⁴⁹ Definisi klasik geodesi menurut Helmert adalah ilmu tentang pengukuran dan pemetaan permukaan Bumi. Menurut Torge, definisi di atas mencakup pula permukaan dasar laut. Walaupun definisi klasik tersebut sampai batas tertentu masih dapat dipakai, tetapi definisi tersebut tidak dapat menampung perkembangan ilmu geodesi yang terus mengalami perkembangan dari waktu ke waktu.⁵⁰

Definisi modern tentang geodesi disampaikan oleh International Association of Geodesy (IAG) yaitu bahwa geodesi adalah disiplin ilmu yang mempelajari tentang pengukuran dan pereprestasian dari bumi dan benda-benda langit lainnya, termasuk medan gaya beratnya masing-masing dalam ruang tiga dimensi yang berubah dengan waktu. Definisi lainnya yang bersifat modern diberikan oleh Ohio State University (OSU) bahwa geodesi adalah bidang ilmu interdisiplin yang menggunakan pengukuran-pengukuran pada permukaan bumi serta dari wahana pesawat dan wahana angkasa untuk mempelajari bentuk dan ukuran bumi,

planet-planet dan satelitnya, serta perubahan-perubahannya, menentukan secara teliti posisi serta kecepatan dari titik-titik ataupun obyek-obyek pada permukaan bumi atau yang mengorbit bumi dan planet-planet dalam suatu sistem referensi tertentu, serta mengaplikasikan pengetahuan tersebut untuk berbagai aplikasi ilmiah dan rekayasa dengan menggunakan matematika, fisika, astronomi, dan ilmu komputer.⁵¹

2. Sejarah Ilmu Geodesi

Dalam sejarah keberadaan manusia, bumi merupakan satu-satunya tempat tinggal baginya. Perkembangan sejarah manusia mencatat bahwa dalam proses interaksi antarkelompok, setiap kelompok selain mengetahui lingkungan sekelilingnya perlu juga mengetahui lingkungan lain yang lebih luas yang pada ujungnya, para ilmuwan merasa perlu mempelajari dan mengetahui bumi secara global sebagai tempat kediaman manusia.⁵²

Pertama, bumi dikenal sebagai sebuah bidang datar. Bagi manusia yang hidup di wilayah daratan dan tidak mengenal lautan, bidang datar yang dimaksud dapat saja merupakan bidang horizon di wilayah tersebut, sedangkan bagi manusia yang hidup di wilayah pesisir, bidang datar yang dimaksud tentu saja permukaan laut. Perumusan bumi sebagai bidang datar dikenal dengan model bumi datar. Pengenalan teori bahwa bumi berbentuk seperti bola disampaikan oleh Pythagoras (sekitar 500 SM), seorang ahli matematika berkebangsaan Yunani, yang kemudian didukung oleh Aristoteles (384-322 SM) seorang ahli filsafat Yunani yang menyatakan bahwa Tuhan menciptakan bumi dalam bentuk yang sempurna, yaitu bola.⁵³

Eratosthenes (276-195 SM), seorang ahli astronomi Mesir berasal dari Yunani menggunakan suatu cara yang sederhana untuk menentukan besar bola bumi. Eratosthenes menentukan besar

bola bumi dengan menentukan radius dari model bola bumi. Dia mengamati bahwa sekali dalam setiap tahun, matahari tepat berada di atas sebuah sumur di Aswan (Syena). Pada saat yang sama dia mengukur panjang bayang-bayang dari sebuah menara di Aleksandria yang terletak kira-kira di utara Aswan untuk menentukan θ . Karena jarak dS antara Aswan dan Aleksandria diketahui, maka radius bola bumi R dapat ditentukan. Satuan pengukuran yang dilakukan pada waktu itu adalah "stadia", dan jarak antara Aswan dan Aleksandria adalah 5000 stadia. Konversi yang tepat dari stadia menjadi satuan meter tidaklah diketahui secara pasti, namun diperkirakan sama dengan 185 meter. Dengan menggunakan konversi ini, radius bola bumi yang dihasilkan cara Eratosthenes hanya 15,5% lebih panjang dari radius bumi yang dihasilkan dari cara teknologi satelit yang digunakan saat ini yang memberikan data seluruh permukaan bumi.

Poseidonius (135 - 50 SM) menentukan radius bumi dengan mengukur panjang busur dari Rhodes dan Aleksandria dengan hasil 11% lebih besar. Pada tahun 827 M, Khalifah Abdullah bin Makmun menentukan besar bola bumi dekat Baghdad dengan radius hanya 3,6% lebih besar. Setelah perkembangan kalkulus, pengetahuan gayaberat, kuadrat terkecil, kegiatan penentuan besar bumi mulai berlangsung di Eropa dan dikenal sebagai pekerjaan geodesi seperti dilakukan oleh Willebrord Snell van Koiën (1580-1626), seorang Belanda yang lebih dikenal dengan Snellius. Dia melakukan penentuan panjang busur melalui pengukuran dan hitungan jaringan triangulasi, dikenal dengan triangulasi Snellius yang menghasilkan 3,4% lebih kecil. Seorang ahli astronomi Perancis, Jean Picard (1620 - 1682), melakukan pengukuran panjang busur meridian yang teliti melalui Paris dan menghasilkan 0,7% lebih besar.⁵⁴

Dengan mempertimbangkan bahwa bumi berputar pada sumbu putarnya, maka pengetahuan akan bentuk bumi jadi berubah dan bertambah. Bentuk bumi menjadi ellipsoid bumi (*earth ellipsoid*), yaitu suatu ellipsoid putaran yang dibentuk oleh ellips yang berputar pada sumbu pendeknya. Ahli geodesi menggunakan model ellipsoid bumi ini sebagai permukaan acuan (*reference surface*) untuk penentuan posisi geodetik. Ada dua parameter yang menentukan bentuk dan besar ellipsoid bumi ini, yaitu radius lingkaran ekuator yang merupakan setengah sumbu panjang ellipsoid (a) dan setengah sumbu pendek ellipsoid (b) atau pegepengan ellipsoid (f). Hubungan antara a , b , dan f ditunjukkan dengan rumus $f = (a-b) : a$.⁵⁵

Dengan adanya pegepengan pada kedua kutubnya (sehingga menyebabkan besar jari-jari ke arah ekuator lebih panjang dari pada yang ke arah kutub), maka nilai-nilai pengamatan bentuk bumi menghasilkan perbedaan-perbedaan nilai (panjang) sekilar 20 km antara panjang jari-jari rata-rata bumi (ke arah ekuator) dengan jarak dari pusat bumi ke kutub (perhatikan selisih antara nilai-nilai setengah sumbu panjang (a) dengan setengah sumbu pendek (b) ellipsoid referensi). Hasil-hasil pengamatan yang terakhir ini membuktikan bahwa model geometrik yang paling tepat untuk merepresentasikan bentuk bumi adalah ellipsoid (ellips putar); fakta-fakta yang mulai banyak terkuak sejak abad ke 19 hingga abad 20 oleh Everest, Bessel, Clarke, Hayford, hingga U.S Army Map Service (walaupun baru pertama kali ditemukan pada abad ke 17). Model-model bentuk bumi ellipsoid ini sangat diperlukan untuk hitungan-hitungan jarak dan arah (terkadang beberapa pihak menyebutnya sebagai: sudut jurusan, *arah*, *bearing*, atau *heading*) yang akurat dengan jangkauan yang sangat jauh. Sebagai contoh, *receivers* GPS (juga sistem atau perangkat Loran-C sebagai pendahulunya) untuk memenuhi

kebutuhan navigasi menggunakan model bumi ellipsoid dalam menentukan posisi-posisi pengguna atau target-target yang kemudian ditentukan.⁵⁶

3. Ruang Lingkup Ilmu Geodesi

Geodesi pada awalnya adalah suatu ilmu yang mempunyai tujuan utama menentukan bentuk dan besar bumi termasuk medan gayaberat bumi. Dalam perkembangannya sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, studi tentang fenomena geodinamika, seperti rotasi bumi, gerakan kerak bumi, pasang surut laut, dan bumi padat juga merupakan bagian dari geodesi. Sesuai dengan tuntutan perkembangan ilmu pengetahuan alam semesta, pada saat ini studi tentang bentuk dan besar planet lain yang menggunakan teknik geodesi juga merupakan salah satu kegiatan dalam ilmu geodesi. Menurut Joenil Kahar, ruang lingkup geodesi terdiri dari:

- a. Penentuan posisi,
- b. Kajian medan gayaberat bumi,
- c. Kajian fenomena geodinamika,
- d. Kajian hasil pemanfaatan teknologi satelit dan antariksa,
- e. Pengembangan teori dan metodologi kegiatan geodesi.⁵⁷

4. Aplikasi Teori Geodesi dalam Perhitungan Arah Kiblat

Ilmu geodesi memberikan banyak kegunaan dalam penentuan arah kiblat. Hal tersebut karena geodesi merupakan salah satu cabang ilmu matematika yang bertujuan menentukan bentuk dan ukuran bumi, menentukan posisi (koordinat) titik-titik, panjang dan arah garis di permukaan bumi, serta mempelajari medan gaya berat bumi.⁵⁸

Dengan mempertimbangkan bahwa bumi berputar pada sumbu putarnya, maka pengetahuan akan bentuk bumi menjadi berubah yakni berbentuk ellipsoid. Ahli geodesi menggunakan model ellipsoid bumi sebagai permukaan acuan (*reference surface*) untuk penentuan posisi geodetik.⁵⁹

Dalam menentukan koordinat-koordinat titik-titik, jarak, dan arah unsur-unsur spasial di permukaan bumi diperlukan adanya suatu bidang sebagai referensi hitungan. Bidang tersebut tentu harus mempunyai keteraturan dan konsistensi, walaupun pada kenyataannya fisik permukaan bumi tidak teratur. Untuk memenuhi keperluan (referensi) hitungan terkait kegeodesian, maka permukaan fisik bumi 'diganti' dengan suatu permukaan yang teratur dengan bentuk dan ukuran yang sangat mendekati bumi. Permukaan yang dipilih adalah bidang permukaan yang mendekati bentuk dan ukuran geoid. Permukaan geoid memiliki bentuk yang sangat mendekati geometri elips-putar dengan sumbu pendek sebagai sumbu putar yang berimpit dengan sumbu putar bumi. Kemudian, geometri elipsoid ini digunakan sebagai bidang referensi hitungan-hitungan terkait disiplin atau ilmu geodesi, oleh karena itu akhirnya disebut sebagai elipsoid referensi (permukaan referensi geometrik).⁶⁰

Geometri elipsoid referensi biasanya didefinisikan oleh nilai jari-jari ekuator (a) dan pegepengan (f) elips putarnya. Sedangkan parameter-parameter lainnya seperti setengah sumbu pendek (b), eksentrisitas (e), dan lain sebagainya dapat dihitung dengan menggunakan kedua nilai

parameter pertama di atas.⁶¹ Hubungan antara a, b, dan f di atas adalah $f = (a-b)/b$.⁶² Untuk memudahkan komunikasi, penyamaan persepsi, digunakan sistem koordinat yang disebut sistem koordinat geodetis, yang dinyatakan dengan Lintang (ϕ), Bujur (λ), dan tinggi (h) yang dapat mencakup area keseluruhan permukaan bumi.⁶³

Dalam ilmu geodesi, penentuan titiknya dinyatakan dengan koordinat yang mengacu pada sistem koordinat World Geodetic System 1984 (WGS 84). Dalam sistem koordinat WGS 84 yang merupakan sistem koordinat kartesian tangan kanan, elipsoid referensi yang dipakai adalah elipsoid geosentrik WGS 84 yang didefinisikan oleh empat parameter utama yaitu; sumbu panjang (a) = 6378137.0 m, pegepengan (1/f) = 298.257223563, kecepatan sudut Bumi (ω) = $7292115.0 \times 10^{-11}$ rad s⁻¹ dan konstanta gravitasi Bumi (termasuk massa atmosfer) (GM) = 3986004.418×10^8 m³ s⁻².⁶⁴

Selanjutnya dengan mengacu pada kerangka di atas, Vincenty merumuskan persamaan untuk menentukan hubungan dua titik di permukaan bumi yang selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung arah kiblat. Persamaan tersebut adalah seperti dijelaskan pada bab sebelumnya yaitu:⁶⁵

$$\sin \sigma = \sqrt{(\cos U_2 \sin \lambda)^2 + (\cos U_1 \sin U_2 - \sin U_1 \cos U_2 \cos \lambda)^2} \quad (1)$$

$$\cos \sigma = \sin U_1 \sin U_2 + \cos U_1 \cos U_2 \cos \lambda \quad (2)$$

$$\sigma = \arctan \frac{\sin \sigma}{\cos \sigma} \quad (3)$$

$$\sin \alpha = \frac{\cos U_1 \cos U_2 \sin \lambda}{\sin \sigma} \quad (4)$$

$$\cos^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha \quad (5)$$

$$\cos(2\sigma_m) = \cos \sigma - \frac{2 \sin U_1 \sin U_2}{\cos^2 \alpha} \quad (6)$$

$$C = \frac{f}{16} \cos^2 \alpha [4 + f(4 - 3 \cos^2 \alpha)] \quad (7)$$

$$\lambda' = L + (1 - C) f \sin \alpha \{ \sigma + C \sin \sigma [\cos(2\sigma_m) + C \cos \sigma (-1 + 2 \cos^2(2\sigma_m))] \} \quad (8)$$

$$u^2 = \cos^2 \alpha \frac{a^2 - b^2}{b^2} \quad (9)$$

$$A = 1 + \frac{u^4}{16384} \{ 4096 + u^2 [-768 + u^2 (320 - 175u^2)] \} \quad (10)$$

$$B = \frac{u^2}{1024} \{256 + u^2 [-128 + u^2 (74 - 47u^2)]\} \quad (11)$$

$$\Delta\sigma = B \sin \sigma \left\{ \cos (2\sigma_m) + \frac{1}{4} B \left[\cos \sigma (-1 + 2 \cos^2 (2\sigma_m)) - \frac{1}{6} B \cos (2\sigma_m) (-3 + 4 \sin^2 \sigma) (-3 + 4 \cos^2 \sigma (2\sigma_m)) \right] \right\} \quad (12)$$

$$s = b A (\sigma - \Delta\sigma) \quad (13)$$

$$\alpha_1 = \arctan \left(\frac{\cos U_2 \sin \lambda}{\cos U_1 \sin U_2 - \sin U_1 \cos U_2 \cos \lambda} \right) \quad (14)$$

$$\alpha_2 = \arctan \left(\frac{\cos U_1 \sin \lambda}{-\sin U_1 \cos U_2 + \cos U_1 \sin U_2 \cos \lambda} \right) \quad (15)$$

Di mana parameter-parameter di atas didefinisikan sebagai berikut:

a = panjang major axis dari ellipsoid atau radius bumi di equator

(6378137.0 meter dalam WGS-

84)

b = panjang major axis dari ellipsoid atau radius bumi di kutub

(6356752.314 meter dalam

WGS-84)

f = (a - b) / a = pengepengan (1/298.257223563 dalam WGS-84)

ϕ_1, ϕ_2 = koordinat lintang geografis

U_1 = $\arctan [(1/f) \cdot \tan \phi_1]$ = koreksi lintang

U_2 = $\arctan [(1/f) \cdot \tan \phi_2]$ = koreksi lintang

λ_1, λ_2 = koordinat bujur geografis

Rumus Vincenty ini mempunyai ketelitian yang sangat tinggi walaupun sangat rumit.⁶⁶ Untuk memudahkan penggunaannya dalam menghitung arah kiblat, maka rumus vincenty tersebut diolah oleh Misbah Khusurur, alumni S-2 Ilmu Falak IAIN Walisongo Semarang dalam bentuk *software* yaitu *software* Al-Misbah.⁶⁷

D. Perhitungan Arah Kiblat untuk Kota Banjarnegara, Purbalingga, Banyumas, Cilacap dan Kebumen dengan Teori Geodesi

1. Arah kiblat untuk kota Banjarnegara, Purbalingga, Banyumas, Cilacap dan Kebumen

Arah kiblat hasil perhitungan dengan teori geodesi (rumus vincenty) untuk kota Banjarnegara dengan

koordinat tempat 7° 26' LS dan 109° 40' BT adalah 294° 40' 01.042" dengan jarak ke Ka'bah 8262.106 km. Purbalingga dengan koordinat tempat 7° 25' LS dan 109° 22' BT adalah 294° 44' 11.376" dengan jarak ke Ka'bah 8231,248 km. Banyumas dengan koordinat tempat 7° 25' LS dan 109° 17' BT adalah 294° 45' 25,582" dengan jarak ke Ka'bah 8222,894 km. Cilacap dengan koordinat tempat 7° 45' LS dan 109° 2' BT adalah 294° 54' 21.568" dengan jarak ke Ka'bah 8213,337 km. Kebumen dengan koordinat tempat 7° 42' LS dan 109° 39' BT adalah 294° 44' 16.752" dengan jarak ke Ka'bah 8272.760 km. Angka-angka tersebut dihasilkan setelah koordinat tempat masing-masing kota diolah melalui *software* Al-misbah.

Sementara itu, arah kiblat untuk masing-masing kota tersebut yang selama ini dijadikan pedoman adalah untuk kota Banjarnegara 294° 47',⁶⁸ dengan jarak ke Ka'bah 8268,365 km. Kota Purbalingga adalah 294° 52',⁶⁹ dengan jarak ke Ka'bah 8237,530 km. Banyumas adalah 294° 53',⁷⁰ dengan jarak ke Ka'bah 8229,184 km. Cilacap adalah 295° 2',⁷¹ dengan jarak ke Ka'bah 8219,829 km. Kebumen adalah 294° 52',⁷² dengan jarak ke Ka'bah 8279,160 km. Arah kiblat tersebut diperoleh dari rumus *spherical trigonometry* (segitiga bola murni) yaitu:

$$\tan \frac{1}{2} (A+B) = \cos \frac{1}{2} (a-b) / \cos \frac{1}{2} (a+b) \times \cot \frac{1}{2} C$$

$$\tan \frac{1}{2} (A-B) = \sin \frac{1}{2} (a-b) / \sin \frac{1}{2} (a+b) \times \cot \frac{1}{2} C$$

$$B = \frac{1}{2} (A+B) - \frac{1}{2} (A-B)^{73}$$

$$a = 90^\circ - \varphi \text{ tempat ybs}$$

$$b = 90^\circ - \varphi \text{ Ka'bah}$$

$$C = \lambda \text{ tempat ybs} - \lambda \text{ Ka'bah}$$

Sedang untuk jarak ke Ka'bah dihitung dengan rumus:

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C^{74}$$

$$s = c \times 111,32 \text{ km.}$$

Perbedaan antara jarak kota Banjarnegara ke Ka'bah hasil perhitungan dengan teori trigonometri yakni 8268,365 km dengan jarak kota Banjarnegara dengan Ka'bah hasil perhitungan teori geodesi yakni 8262.106 km adalah 6,259 km. Sedangkan perbedaan arah kiblat untuk kota Banjarnegara yang selama ini dipedomani yaitu $294^\circ 47'$ dengan arah kiblat kota Banjarnegara hasil perhitungan dengan teori geodesi yaitu $294^\circ 40' 01.042''$ adalah $00^\circ 06' 58.96''$. Dari sudut penyimpangan sebesar $00^\circ 06' 58.96''$ tersebut, jika dihitung jarak penyimpangannya mencapai 12,8463 km.

Perbedaan antara jarak kota Purbalingga ke Ka'bah hasil perhitungan dengan teori trigonometri yakni 8237,530 km dengan jarak kota Purbalingga dengan Ka'bah hasil perhitungan dengan teori geodesi yakni 8231,248 km adalah 6,282 km. Sedangkan perbedaan arah kiblat untuk kota Purbalingga yang selama ini dipedomani yaitu $294^\circ 52'$ dengan arah kiblat kota Purbalingga hasil perhitungan dengan teori geodesi yakni $294^\circ 44' 11.376''$ adalah $00^\circ 07' 48.62''$. Dari sudut penyimpangan sebesar $00^\circ 07' 48.62''$ maka dapat dihitung jarak penyimpangannya adalah 14,3738 km.

Sementara itu, perbedaan jarak kota Banyumas ke Ka'bah hasil perhitungan teori trigonometri yakni 8229,184 km dengan jarak kota Banyumas ke Ka'bah hasil perhitungan teori geodesi yakni 8222,894 km adalah 6,29 km. Sedangkan perbedaan antara

arah kiblat untuk kota Banyumas yang selama ini dipedomani yaitu $294^\circ 53'$ dengan arah kiblat kota Banyumas hasil perhitungan dengan teori geodesi adalah $00^\circ 07' 34.42''$. Dari sudut penyimpangan sebesar $00^\circ 07' 34.42''$ dapat dihitung jarak penyimpangannya adalah 13,930 km.

Perbedaan jarak kota Cilacap dengan Ka'bah hasil perhitungan dengan teori trigonometri yakni 8219,829 km dengan jarak kota Cilacap dengan Ka'bah hasil perhitungan dengan teori geodesi yakni 8213,337 km adalah 6,492 km. Sedangkan perbedaan antara arah kiblat untuk kota Cilacap yang selama ini dipedomani yaitu $295^\circ 2'$ dengan arah kiblat kota Cilacap hasil perhitungan dengan teori geodesi yakni $294^\circ 54' 21.568''$ adalah $00^\circ 07' 38.43''$. Dari sudut penyimpangan sebesar $00^\circ 07' 38.43''$ dapat dihitung jarak penyimpangannya adalah 14,0422 km.

Untuk perbedaan jarak kota Kebumen dengan Ka'bah hasil perhitungan teori trigonometri sebesar 8279,160 km dengan jarak kota Kebumen dengan Ka'bah hasil perhitungan teori geodesi sebesar 8272.760 km adalah 6,4 km. Sedangkan perbedaan antara arah kiblat untuk kota Kebumen yang selama ini dipedomani yaitu $294^\circ 52'$ dengan arah kiblat kota Kebumen hasil perhitungan dengan teori geodesi yakni $294^\circ 44' 16.752''$ adalah $00^\circ 07' 43.25''$. Dari sudut penyimpangan sebesar $00^\circ 07' 43.25''$, dapat dihitung jarak penyimpangannya sejauh 14,1889 km. Karena arah kiblat hasil perhitungan dengan teori trigonometri untuk semua kota-kota tersebut di atas lebih besar dari arah kiblat hasil perhitungan dengan teori geodesi, maka jarak penyimpangannya adalah ke arah Utara Ka'bah.

E. Analisis Hasil Perhitungan Arah Kiblat dengan Teori Geodesi dalam Perspektif Fikih

Dari keseluruhan hasil

perhitungan arah kiblat menggunakan teori geodesi diperoleh hasil untuk kota Banjarnegara $294^{\circ} 40' 01,042''$, Kota Purbalingga $294^{\circ} 44' 11,376''$, Kota Banyumas $294^{\circ} 45' 25,582''$, Kota Cilacap $294^{\circ} 54' 21,568''$ dan Kota Kebumen $294^{\circ} 44' 16,752''$. Semua hasil perhitungan tersebut lebih kecil dari arah kiblat yang selama ini dipedomani yakni untuk kota Banjarnegara $294^{\circ} 47'$, Kota Purbalingga $294^{\circ} 52'$, Kota Banyumas $294^{\circ} 53'$, Kota Cilacap $295^{\circ} 2'$ dan Kota Kebumen $294^{\circ} 52'$. Jika dirata-rata, maka selisihnya adalah $0^{\circ} 7' 32,74''$. Dari rata-rata selisih sudut sebesar $0^{\circ} 7' 32,74''$ tersebut sama dengan penyimpangan sejauh 13,8762 km. Karena sudut arah kiblat hasil perhitungan dengan teori geodesi lebih kecil dari sudut arah kiblat yang selama ini dipedomani, berarti jarak penyimpangan yang sejauh rata-rata 13,8762 km. adalah ke arah Utara Ka'bah.

Besarnya selisih sudut arah kiblat yang selama ini dipedomani jika dibandingkan dengan sudut arah kiblat hasil perhitungan menggunakan teori geodesi disebabkan adanya perbedaan penggunaan teori dalam perhitungan arah kiblat di mana dalam teori trigonometri bola, bumi dianggap bulat penuh seperti bola, sedangkan dalam teori geodesi (rumus vincenty), bumi dianggap sebagai bidang ellips (seperti bentuk yang mendekati sebenarnya) sehingga mempunyai jari-jari yang berbeda antara pusat ke ekuator dengan pusat ke kutub. Penyebab lainnya adalah karena penggunaan data koordinat tempat kota-kota yang dihitung arah kiblatnya, termasuk koordinat tempat Ka'bahnya hanya sampai pada besaran menit busur, tidak sampai detik busur. Penggunaan data yang seperti itu pasti menyebabkan hasil perhitungan yang berbeda. Penyimpangan jarak sejauh 13,8762 km tersebut, jika dikaitkan dengan makna arah menghadap kiblat seperti yang disimpulkan dari hadis Nabi saw. "Baitullah adalah kiblat bagi orang-orang

yang di Masjidil Haram, Masjidil Haram adalah kiblat bagi orang-orang yang berada di tanah Mekah dan Tanah Haram adalah kiblat bagi umatku di bumi, baik di Barat maupun di Timur," di mana bagi orang yang jauh dari Ka'bah dan Masjidil Haram, kiblatnya cukup menghadap ke Mekah, tentu masih dalam lingkup menghadap kiblat, karena jarak sejauh itu masih dalam lingkup wilayah Mekah (Tanah Haram) bagian Timur Laut Ka'bah baik jika di ukur dengan Nakhlah yang jauhnya 13,9 km maupun Ji'ranah yang jaraknya 20,7 km.⁷⁵ Namun demikian, jika untuk mengetahui arah Ka'bah sebagai kiblat dapat dihasilkan dengan cara yang lebih akurat walaupun untuk jarak yang jauh dari Mekah, tentu hasil perhitungan arah kiblat yang diketahui dengan lebih akurat menjadi wajib diikuti sebagaimana pendapat al-Jaziri.⁷⁶

F. Penutup

Dari pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa arah kiblat hasil perhitungan teori geodesi (rumus vincenty) untuk kota Banjarnegara adalah $294^{\circ} 40' 01,042''$ dengan jarak ke Ka'bah sepanjang 8262,106 km. Kota Purbalingga adalah $294^{\circ} 44' 11,376''$ dengan jarak ke Ka'bah sepanjang 8231,248 km. Kota Banyumas adalah $294^{\circ} 45' 25,582''$ dengan jarak ke Ka'bah sepanjang 8222,894 km. Kota Cilacap adalah $294^{\circ} 54' 21,568''$ dengan jarak ke Ka'bah sepanjang 8213,337 km. Kota Kebumen adalah $294^{\circ} 44' 16,752''$ dengan jarak ke Ka'bah sepanjang 8272,760 km. Rata-rata selisih arah kiblat yang selama ini dipedomani dengan hasil menggunakan teori geodesi adalah $0^{\circ} 7' 32,74''$.

Dari rata-rata selisih sudut sebesar $0^{\circ} 7' 32,74''$ tersebut sama dengan penyimpangan sejauh 13,8762 km. Karena sudut arah kiblat hasil perhitungan teori geodesi lebih kecil dari sudut arah kiblat yang selama ini dipedomani, berarti jarak penyimpangan

yang sejauh rata-rata 13,8762 km. adalah ke arah Utara Ka'bah. Penyimpangan jarak sejauh 13,8762 km tersebut jika dikaitkan dengan hadis Nabi yang mengatakan bagi orang yang jauh dari Ka'bah dan Masjidil Haram maka kiblatnya cukup menghadap ke Mekah,

Catatan Akhir:

¹ Departemen Agama RI, *Pedoman Arah Kiblat* (Jakarta: Dirjen Bimas Islam, 2009), hlm. 3.

² Muh. Ma'rufin Sudiby, *Sang Nabipun Berputar: Arah Kiblat dan Tatacara Pengukurannya* (Solo: Tinta Media, 2011), hlm. 53-54.

³ Ayat tersebut adalah :
 قَدْ نَرَى تَقَلُّبَ وَجْهِكَ فِي السَّمَاءِ فَلَنُوَلِّيَنَّكَ قِبْلَةً تَرْضَاهَا فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ وَحَيْثُ مَا كُنْتُمْ فَوَلُّوا وُجُوهَكُمْ شَطْرَهُ وَإِنَّ الَّذِينَ أُوتُوا الْكِتَابَ لَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ وَمَا اللَّهُ بِغَافِلٍ عَمَّا يَعْمَلُونَ

⁴ Ayat tersebut adalah:
 وَمِنْ حَيْثُ خَرَجْتَ فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ وَإِنَّهُ لَلْحَقُّ مِنْ رَبِّكَ وَمَا اللَّهُ بِغَافِلٍ عَمَّا تَعْمَلُونَ . وَمِنْ حَيْثُ خَرَجْتَ فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ وَحَيْثُ مَا كُنْتُمْ فَوَلُّوا وُجُوهَكُمْ شَطْرَهُ لِئَلَّا يَكُونَ لِلنَّاسِ عَلَيْكُمْ حُجَّةٌ إِلَّا الَّذِينَ ظَلَمُوا مِنْهُمْ فَلَا تَحْشَوْهُمْ وَاخْشَوْنِي وَلَا تَمَيَّنِي عَلَيْهِمْ وَلَعَلَّكُمْ تَهْتَدُونَ

⁵ Wahbah al-Zuhayli, *al-Fiqh al-Islāmī wa Adilatuh* (Beirūt: Dār al-Fikr, 1989), I: 597; Abd al-Rahmān al-Jazīrī, *Kitāb al-Fiqh alā al-Mazāhib al-Arba'ah* (Kairo: Maṭba'ah al-Istiqāmah, t.t.), I: 195-196; Al-Sayyid Sābiq, *Fiqh al-Sunnah* (Kairo: Dār al-Fath, 1995), I: 98; Abū al-Wālid Muḥammad bin Aḥmad bin Muḥammad Ibn Rusyd, *Bidāyah al-Mujtahid wa Nihāyah al-Muqtaṣid* (Indonesia: Dār Iḥya' al-Kutub al-'Arabiyah, 1978), I: 80-82.

⁶ Muḥammad Afī al-Ṣābūnī, *Tafsīr Āyāt al-Aḥkām min al-Qur'ān* (Beirūt: Dār al-Kutub al-Ilmiyah, t.t.), I: 88-90.

⁷ Abd al-Rahmān al-Jazīrī, *Kitāb al-Fiqh*, I: 194.

⁸ Ahmad Izzuddin, *Akurasi Metode-metode Penentuan Arah Kiblat* (Jakarta: Kementerian Agama RI, 2012), hlm. 171.

⁹ Departemen Agama RI., *Pedoman Penentuan Arah Kiblat* (Jakarta: Dirjen Binbaga Islam, 1994), hlm. 22-24.

¹⁰ Lingkaran besar biasanya sebutan untuk lingkaran pada permukaan bola langit atau bola bumi yang berlawanan dan bertitik pusat pada titik pusat bola langit atau bola bumi. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat* (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2005), hlm. 94.

¹¹ Ellipsis adalah bentuk lingkaran yang tidak bundar, melainkan bulat seperti telur. Lihat

masih dalam lingkup menghadap kiblat, karena jarak sejauh itu masih mencakup wilayah Mekah (Tanah Haram). Akan tetapi, dengan adanya teori geodesi yang dapat memberitahukan arah kiblat yang lebih akurat, menjadi bagian yang wajib diikuti demi kesempurnaan ibadah.

Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak* (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005), hlm. 23. Joenil Kahar, *Geodesi* (Bandung: Penerbit ITB, 2008), hlm. 4-5.

¹² Izzuddin, *Akurasi*, hlm. 170. Misbah Khusurur, "Perhitungan Arah Kiblat Akurasi Tinggi" tesis tidak diterbitkan, IAIN Walisongo Semarang, 2011.

¹³ Thaddeus Vincenty dalam https://en.wikipedia.org/wiki/Thaddeus_Vincenty, diakses 10 Februari 2013; Ole Baltazar Andersen, "In Memoriam Thaddeus Vincenty" dalam <http://www.gfy.ku.dk/~iag/newslett/news7606.htm>, diakses 10 Februari 2013.

¹⁴ Khafid, "Ketelitian Penentuan Arah Kiblat dari Sudut Pandang Geodesi", *makalah*, 2011, hlm. 1.

¹⁵ Departemen Agama RI., *Pedoman Penentuan*, hlm. 66-72.

¹⁶ Izzuddin, *Akurasi*, hlm. 136.

¹⁷ Ahmad Warson Munawir, *Kamus al-Munawir* (Yogyakarta: Pustaka Progressif, 1984), hlm. 1078.

¹⁸ Departemen P dan K, *Kamus Besar Bahasa Indonesia* (Jakarta: Balai pustaka, 1989), hlm. 438.

¹⁹ Munawir, *Kamus*, hlm. 1169.

²⁰ Abdul Aziz Dahlan, *Ensiklopedi Hukum Islam* (Jakarta: Ichtiar Baru van Hoeve, 1997), hlm. 944.

²¹ Harun Nasution, *Ensiklopedi Islam Indonesia* (Jakarta: Djambatan, 1992), hlm. 563.

²² Al-Jazīrī, *Kitāb al-Fiqh*, I: 194.

²³ Departemen Agama RI, *Pedoman Penentuan*, hlm. 10.

²⁴ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1* (Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011), hlm. 167.

²⁵ Muhyiddin Khazin, *Kamus*, hlm. 67.

²⁶ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi*, hlm. 174.

²⁷ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis* (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), hlm. 20.

²⁸ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Teori dan Praktek* (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), hlm. 49.

²⁹ Q.S. al-Baqarah (2) : 145.

³⁰ Abū Abdullah Muḥammad Ibn Ismā'īl Ibn Ibrahim Ibn Mughirah al-Bukhārī, *Ṣaḥīḥ al-Bukhārī* (Kairo: Mauqi' Wizarah al-Auqaf, t.t.), XX: 489.

³¹ Abū Bakar Aḥmad Ibn Ḥusayn Ibn Afī al-Bayhaqī, “Sunan al-Bayhaqī” bab man ṭalaba bi ijtihadih jihah al-Ka’bah, II: 277, dalam *Maktabah Syamilah, Iṣḍār al-Sanī*.

³² Ali Mustafā Yakub, *Kiblat Antara Bangunan dan Arah Ka’bah* (Jakarta: Pustaka Darus Sunnah, 2010), hlm. 18-19.

³³ *Ibid.*, hlm. 23-25.

³⁴ *Ibid.*, hlm. 27-29.

³⁵ *Ibid.*, hlm. 29-32.

³⁶ *Ibid.*, hlm. 33-36.

³⁷ *Ibid.*, hlm. 37-39.

³⁸ Ahmad Izzuddin, *Kajian terhadap Metode-metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya* (Jakarta: Kementerian Agama RI, 2012), hlm. 65-67.

³⁹ *Ibid.*, hlm. 67-85.

⁴⁰ *Ibid.*, hlm. 85-88.

⁴¹ *Ibid.*, hlm. 88-89.

⁴² Izzuddin, *Akurasi*, hlm. 94-95.

⁴³ Khazin, *Ilmu Falak*, hlm. 54.

⁴⁴ *Ibid.*, hlm. 112-113.

⁴⁵ *Ibid.*, hlm. 117.

⁴⁶ *Ibid.*, hlm. 118.

⁴⁷ *Ibid.*

⁴⁸ *Ibid.*, hlm. 119.

⁴⁹ Joenil Kahar, *Geodesi* (Bandung: ITB, 2008), hlm. 6.

⁵⁰ Hasanuddin Z. Abidin, *Geodesi Satelit* (Jakarta: Pradnya Paramita, 2001), hlm. 1.

⁵¹ *Ibid.*

⁵² Kahar, *Geodesi*, hlm. 1.

⁵³ *Ibid.*, hlm. 2.

⁵⁴ *Ibid.*

⁵⁵ *Ibid.* hlm. 5

⁵⁶ Eddy Prahasta, *Sistem Informasi Geografis Konsep-konsep Dasar Perspektif Geodesi & Geomatika* (Bandung: Informatika, 2009), hlm. 215.

⁵⁷ Kahar, *Geodesi*, hlm. 6-8.

⁵⁸ Prahasta, *Sistem Informasi Geografis*, hlm. 213.

⁵⁹ Kahar, *Geodesi*, hlm. 5.

⁶⁰ Prahasta, *Sistem Informasi Geografis*, hlm. 216.

⁶¹ *Ibid.*, hlm. 217.

⁶² Kahar, *Geodesi*, hlm. 5.

⁶³ Prahasta, *Sistem Informasi Geografis*, hlm. 242.

⁶⁴ Abidin, *Geodesi Satelit*, hlm. 47.

⁶⁵ Thaddeus Vincenty, “Direct and Inverse Solutions of Geodesic on the Ellipsoid with Application of Nested Equations” dalam *Survey Review XXII*, No. 176, Tahun 1975, hlm. 88–93.

⁶⁶ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit* (Yogyakarta: UGM, 2012), hlm. 32.

⁶⁷ Misbah Khusurur, “Perhitungan Arah Kiblat Akurasi Tinggi” tesis tidak diterbitkan, IAIN Walisongo Semarang, 2011, hlm. 114.

⁶⁸ Departemen Agama RI, *Pedoman Penentuan Arah Kiblat*, hlm. 66.

⁶⁹ *Ibid.*, hlm. 70.

⁷⁰ *Ibid.*, hlm. 66.

⁷¹ *Ibid.*, hlm. 68.

⁷² *Ibid.*, hlm. 68.

⁷³ Sudibyo, *Sang Nabipun Berputar*, hlm. 122.

⁷⁴ *Ibid.*, hlm. 142.

⁷⁵ Sudibyo, *Sang Nabipun Berputar*, hlm. 81-82.

⁷⁶ Al-Jazīrī, *Kitab al-Fiqh*, I: 194.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, Hasanuddin Z. *Geodesi Satelit*.

Jakarta: Pradnya Paramita, 2001.

Anugraha, Rinto. *Mekanika Benda Langit*. Yogyakarta: UGM, 2012.

Azhari, Susiknan. *Ensiklopedi Hisab Rukyat*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2005.

Al-Bayhaqī, Abū Bakar Aḥmad Ibn Ḥusayn Ibn Afī, “Sunan al-Bayhaqī”, dalam *Maktabah Syamilah, Iṣḍār al-Sanī*.

Al-Bukhārī, Abū Abdullah Muḥammad Ibn Ismā’īl Ibn Ibrāhīm Ibn Muḥīrah. *Ṣaḥīḥ al-Bukhārī*. Kairo: Mauqī’ Wizārah al-Awqāf, t.t.

Dahlan, Abdul Aziz. *Ensiklopedi Hukum Islam*. Jakarta: Ichtiar Baru van Hoeve, 1997.

Departemen Agama RI. *Pedoman Arah Kiblat*. Jakarta: Dirjen Bimas Islam, 2009.

_____. *Pedoman Penentuan Arah Kiblat*. Jakarta: Dirjen Binbagais, 1994.

Departemen P dan K. *Kamus Besar Bahasa Indonsia*. Jakarta: Balai pustaka, 1989.

Hambali, Slamet. *Ilmu Falak 1*. Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011.

Ibn Rusyd, Abū al-Wālid Muḥammad bin Aḥmad bin Muḥammad. *Bidāyah al-Mujtahid wa Nihāyah al-*

- Muqtaṣid*. Indonesia: Dār Iḥyā' al-Kutub al-'Arabiyah, 1978.
- Izzuddin, Ahmad. *Akurasi Metode-metode Penentuan Arah Kiblat*. Jakarta: Kementerian Agama RI, 2012.
- _____. *Ilmu Falak Praktis*. Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012.
- _____. *Kajian terhadap Metode-metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*. Jakarta: Kementerian Agama RI, 2012.
- Al-Jazīrī, 'Abd al-Raḥmān. *Kitāb al-Fiqh 'alā al-Mazāhib al-Arba'ah*. Kairo: Maṭba'ah al-Istiḳāmah, t.t.
- Kahar, Joenil. *Geodesi*. Bandung: ITB, 2008.
- Khafid. "Ketelitian Penentuan Arah Kiblat dari Sudut Pandang Geodesi", *makalah*, 2011.
- Khazin, Muhyiddin. *Ilmu Falak Teori dan Praktek*. Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004.
- _____. *Kamus Ilmu Falak*. Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005.
- Khusurur, Misbah. "Perhitungan Arah Kiblat Akurasi Tinggi" *tesis* tidak diterbitkan. IAIN Walisongo Semarang, 2011.
- Munawir, Ahmad Warson. *Kamus al-Munawir*. Yogyakarta: Pustaka Prograssif, 1984.
- Nasution, Harun. *Ensiklopedi Islam Indonsia*. Jakarta: Djambatan, 1992.
- Ole Baltazar Andersen, "In Memoriam Thaddeus Vincenty" dalam <http://www.gfy.ku.dk/~iag/newslett/news7606.htm>.
- Prahasta, Eddy. *Sistem Informasi Geografis Konsep-konsep Dasar Perspektif Geodesi & Geomatika*. Bandung: Informatika, 2009.
- Sabiq, al-Sayyid. *Fiqh as-Sunnah*. Kairo: Dār al-Fath, 1995.
- Al-Ṣābūnī, Muḥammad 'Alī. *Tafsīr Āyāt al-Aḥkām min al-Qur'ān*. Beirut: Dār al-Kutub al-Ilmiyah, t.t.
- Sudibyo, Muh. Ma'rufin. "Arah Kiblat dan Pengukurannya" dalam pakarfisika.files.wordpress.com. diakses tanggal 20 Agustus 2013.
- _____. *Sang Nabipun Berputar: Arah Kiblat dan Tatacara Pengukurannya*. Solo: Tinta Media, 2011.
- Vincenty, Thaddeus dalam https://en.wikipedia.org/wiki/Thaddeus_Vincenty,
- _____. "Direct and Inverse Solutions of Geodesic on the Ellipsoid with Application of Nested Equations" dalam *Survey Review* XXII, No. 176, Tahun 1975.
- Yakub, Ali Mustafa. *Kiblat Antara Bangunan dan Arah Ka'bah*. Jakarta: Pustaka Darus Sunnah, 2010.
- Al-Zuḥayfī, Wahbah. *al-Fiqh al-Islāmī wa Adilatuh*. Beirut: Dār al-Fikr, 1989.