

Aplikasi *Spherical Trigonometry* dalam Menentukan Arah Kiblat Umat Islam

Churun Lu'lu'il Maknun

Program Studi Matematika; Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Gresik, Jl. Sumatera No.101, Gresik, 61121, Jawa Timur, Indonesia.

Korespondensi: Churun Lu'lu'il Maknun, Email: churunlm@umg.ac.id

Abstrak

Matematika banyak diterapkan di berbagai bidang keilmuan, seperti sains, teknologi, ekonomi termasuk dalam bidang agama. Salah satu penerapan penting matematika dalam agama khususnya agama Islam adalah dalam menentukan arah kiblat. Hal ini penting karena kondisi permukaan bumi yang terus berubah akibat pergeseran lempeng sehingga arah kiblat secara kontinu akan terus dilakukan. Hasil dan pembahasan dalam artikel ini diperoleh melalui kajian literatur dengan cara mengkonstruksi definisi dan teorema yang berkaitan dengan bentuk permukaan bumi, dan perhitungan geometris pada elipsoid. Dengan menggunakan prinsip geometri bola, segitiga bola dan trigonometri bola yang mencerminkan bentuk bumi yang berupa ellipsoid dapat dirumuskan cara menghitung arah kiblat untuk setiap daerah di permukaan bumi, yaitu dengan menggunakan aturan kosinus sebagai berikut:

$$\cos B = \frac{\cos b - \cos a \cos c}{\sin a \sin c}.$$

Selain itu disajikan pula bagaimana penggunaan rumus tersebut dengan menerapkan teknologi Google Earth dalam contoh konkrit penentuan arah kiblat dari suatu kota di Indonesia ke Kabah. Ketepatan penentuan koordinat lokasi menjadi penentu presisi dari sudut arah kiblat.

Kata Kunci: Aplikasi Matematika; Arah kiblat; Spherical Geometry; Spherical Trigonometry

Abstract

There are numerous applications of mathematics in other fields such as science, technology, economics and religion. One of the most important application of mathematics in religion is its use in deciding the direction of Kaaba for Moslem. This problem is important since the earth surface periodically changes due to the tectonic shift. The result of this study retrieved from literature study by constructing both the definitions and theorems of earth surface and geometrics calculation on ellipsoid. Using the spherical geometry, spherical trigonometry, and spherical triangle the formula to calculate the angle of Kaaba direction from particular point was constructed as follows:

$$\cos B = \frac{\cos b - \cos a \cos c}{\sin a \sin c}.$$

Further, the explanation of how to use and calculate the formula was also presented in this paper using the assistance of Google earth technology. To sum up, the precision of coordinate of location becomes main factor to obtain exact angle.

Keywords: Application of Mathematics; Kaaba Direction; Spherical Geometry; Spherical Trigonometry

Pendahuluan

Matematika merupakan salah satu cabang matematika yang banyak berbicara mengenai perhitungan. Awal tumbuhnya matematika seiring dengan penemuan angka dan aritmatika sekitar 10 ribu tahun yang lalu, tidak lain karena kebutuhan manusia akan uang. Namun, seiring berjalannya waktu dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan ruang lingkup matematika tidak terbatas pada perhitungan (aritmatika) semata, namun lebih dari itu. Cabang matematika pun berkembang menjadi beberapa bidang

diantaranya adalah analisis, geometri, aljabar, logika, dan teori probabilitas. Profesor Keith Devlin dari *University of Standford* menyebutkan bahwa tahun 1980an adalah titik puncak dimana matematika dapat dipandang sebagai suatu “ilmu tentang pola”. Hal ini disebabkan karena sejatinya matematika mengidentifikasi dan menganalisis pola abstrak dalam setiap sub bidangnya. Sebagai contoh, teori bilangan adalah bidang matematika yang mempelajari pola dalam suatu bilangan, geometri mempelajari pola dari bangun, logika mempelajari pola penalaran, kalkulus mempelajari pola dari fungsi dan pergerakan, statistika dan teori probabilitas mempelajari mengenai pola data dan peluang.

Muncul dan berkembangnya ilmu matematika yang berawal dari kebutuhan manusia membuat matematika menjadi bidang studi yang banyak diaplikasikan dalam bidang ilmu yang lain, misalnya biologi, fisika, ekonomi, bisnis, teknik, demografi dan lain sebagainya. Inilah alasan mengapa ilmuwan Carl Frederick Gauss menyebut matematika sebagai: *The Queen of Science*, Ratuinya ilmu. Pesatnya perkembangan ilmu matematika membuat kita saat ini hidup di jaman yang canggih dengan perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan yang sangat mengagumkan. Sepuluh tahun yang lalu, mungkinkita tidak akan bisa membayangkan bagaimana kita bisa melakukan begitu banyak hal dalam satu kali klik tanpa harus pergi kemanapun. Namun, hal itu sekarang menjadi hal yang sudah biasa. Hal ini menunjukkan bahwa peran matematika dalam kelangsungan aktivitas manusia menjadi tidak terbantahkan. Ia hadir dalam setiap grafik seismograf badan meteorologi, *bedside* monitor rumah sakit, data bursa efek, kegiatan jual beli, bahkan dalam pola kelopak putik bunga. Matematika sebagai suatu ilmu pengetahuan tentu memiliki posisi yang istimewa khusus di kalangan ilmuwan dan ilmu pengetahuan yang lain.

Namun, kehidupan dunia modern yang positifistik telah menempatkan ilmu pengetahuan atau sains pada posisi yang terpisah dari agama. Sehingga ilmu pengetahuan seringkali lepas sama sekali dari nilai-nilai etis religius [5]. Sebagai contoh, bahwa sampai sekarang terdapat berdepan panjang anatarailmu evolusi yang dikemukakan oleh Darwin dengan penciptaan manusia dalam Islam. Lalu, apakah hal ini juga termasuk dalam matematika, bahwa matematika harus terlepas dari nilai etis religius. Padahal, apabila kita telaah mundur kebalakang dari sejarah matematika itu sendiri, kita akan melihat bahwa banyak cendekiawan muslim memberikan kontribusi terhadap perkembangan matematika. Sebut saja nama Al-khawarizmi' yang bisa dikatakan memiliki kontribusi terbesar dalam perkembangan matematika, salah satunya adalah aljabar [4]. Cendekiawan muslim lain yaitu Al-kashi , seorang astronom yang dikenal karena keakuratannya dalam perhitungan nilai konstan Selain dua tokoh tersebut ada pula Al-khazin' dalam kontribusinya di teori bilangan dan Umar Khayyam, dalam aljabar hingga geometri. Dari fakta sejarah tersebut diketahui bahwa Islam berkontribusi besar dalam perkembangan matematika. Lalu, apakah ada keuntungan bagi Islam secara khusus dengan perkembangan matematika hingga sampai sejauh ini? Pada artikel ini, akan disajikan salah satu kontribusi matematika yang sangat esensial dalam proses peribadatan umat Islam, yaitu dalam penentuan arah kiblat umat Islam.

Ka'bah atau yang dikenal dengan masjid besar Mekkah merupakan salah satu masjid suci yang dimiliki umat Islam. Tidak hanya untuk tujuan haji dan umrah, tetapi juga untuk arah tempat sholat. Hal ini juga ditegaskan dalam Alquran dalam Surat Al-Baqarah ayat 150 yang menyatakan bahwa:

وَمِنْ حَيْثُ خَرَجْتَ فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ ۗ وَحَيْثُ مَا كُنْتُمْ فَوَلُّوا وُجُوهَكُمْ
شَطْرَهُ ۗ لِئَلَّا يَكُونَ لِلنَّاسِ عَلَيْكُمْ حُجَّةٌ إِلَّا الَّذِينَ ظَلَمُوا مِنْهُمْ فَلَا تَخْشَوْهُمْ وَاخْشَوْنِي
وَلَا تَمَّ نِعْمَتِي عَلَيْكُمْ وَلَعَلَّكُمْ تَهْتَدُونَ

Dan dari manapun engkau (Muhammad) keluar, maka hadapkanlah wajahmu ke arah Masjidil haram. Dan di mana saja kamu berada, maka hadapkanlah wajahmu ke arah itu, agar tidak ada alasan bagi manusia (untuk menentangmu), kecuali orang-orang yang zalim di antara mereka. Janganlah kamu takut kepada mereka, tetapi takutlah kepada-Ku, agar Aku sempurnakan nikmat-Ku kepadamu, dan agar kamu mendapat petunjuk. (Al-Baqarah [2]: 150)

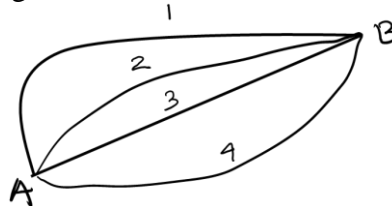
Karena shalat merupakan kegiatan wajib bagi umat Islam, maka mengetahui posisi Ka'bah adalah suatu keharusan. Bahkan walaupun arah kiblat sudah ditentukan dengan benar, namun seiring berjalannya waktu, posisi tersebut dapat berubah karena pengaruh dari pergerakan lempeng bumi. Dalam beberapa kasus yang pernah ditemui di Indonesia, beberapa ditemukan kasus bahwa arah kiblat melenceng mulai dari 1 hingga 10 derajat seperti yang terjadi di Cirebon [7], Bengkulu [9] dan Malang [8]. Oleh karena itu penting bagi umat Islam untuk mempelajari bagaimana penentuan arah kiblat. Walau demikian, menentukan arah Ka'bah dari suatu posisi di seluruh dunia membutuhkan perhitungan yang tepat. Salah satu metode yang digunakan dalam menentukan arah Ka'bah adalah dengan menggunakan metode segitiga [1].

Landasan Teori

Geometri bola (*Spherical geometry*)

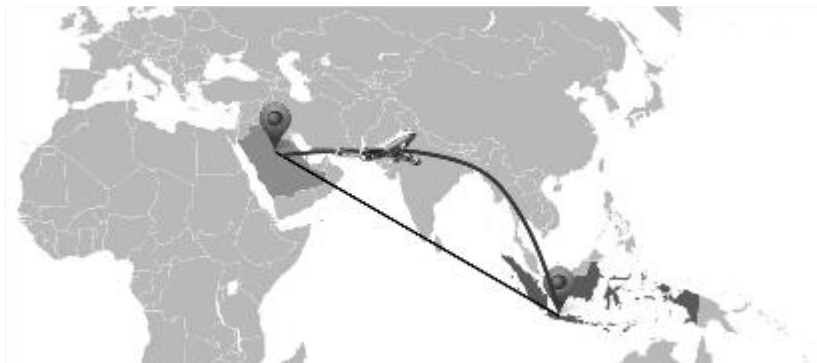
Sebelum mendalami metode segitiga, terlebih dahulu kita perlu memahami tentang permukaan bumi. Meski bumi tampak bulat, namun bentuk bumi berbentuk elipsoid, yaitu sosok geometris tiga dimensi yang menyerupai bola. Sehingga dalam hal ini, untuk menyelidiki perhitungan yang terjadi pada bumi digunakan Geometri bola yaitu geometri permukaan bola dua dimensi. Dalam konteks ini, kata "Geometri bola" hanya mengacu pada permukaan 2 dimensi dimana istilah ini berbeda dengan istilah lain seperti "bola" atau "bola padat" yang termasuk dalam pengukuran tiga dimensi.

Dalam memahami penentuan arah kiblat, mari kita mengingat kembali bagaimana kita biasanya mengetahui arah dua titik dalam bidang datar, dari titik A ke titik B, (lihat Gambar 1).



Gambar 1. Arah dua titik

Meskipun kita mempunyai empat pilihan arah dari titik A ke titik B, kita biasanya menyatakan bahwa arahnya adalah garis lurus (nomor 2) karena jarak terpendek antara dua titik. Namun pada benda tiga dimensi seperti ellipsoid kita tidak bisa menghubungkan kedua titik tersebut secara langsung karena sulitnya menggambarkan representasi tiga dimensi ke dalam dua dimensi. Hal ini jugalah yang melatarbelakangi bahwa rute penerbangan dari satu titik ke titik lain yaitu melengkung, tidak berupa garis lurus langsung Gambar 2

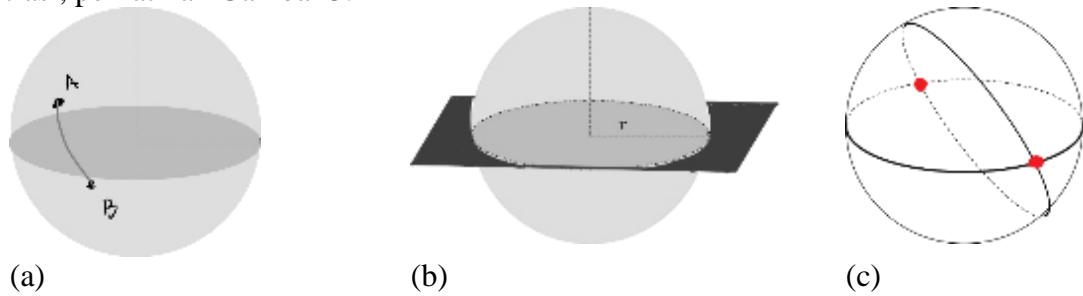


Gambar 2 Ilustrasi rute pesawat yang selalu melengkung

Sifat-sifat dasar Geometri Bola (*Spherical geometry*)

1. Sebuah segmen garis dapat digambarkan dengan menghubungkan sebarang dua titik [6]. Teorema ini tidak jauh berbeda dengan teorema pada geometri Euclid. Akan tetapi hal ini lebih sulit dibayangkan dibandingkan dengan geometri Euclid dimana kita bisa langsung menggambarkan

garis tersebut. Namun dalam geometri bola, representasinya adalah garis lengkung. Sebagai ilustrasi, perhatikan Gambar 3.

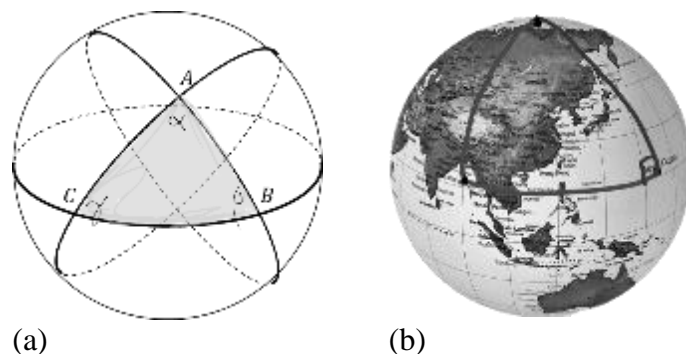


Gambar 3 Posisi suatu benda pada permukaan bumi

2. Sehingga dalam geometri bola, garis pada bola berbentuk busur karena berada pada permukaan bola. Garis ini juga merupakan jarak terpendek antara dua titik di bola. Jika sebuah busur diperpanjang, maka akan membentuk lingkaran besar yang merupakan pertemuan dari ujung garis. Dengan kata lain setiap garis dalam permukaan bola merupakan busur dari lingkaran besar.
3. Lingkaran besar (*Great Circle*) adalah perpotongan sebuah bola dengan sebuah bidang, yang melalui pusat bola [2]. Terdapat tak hingga lingkaran besar dalam sebuah bola dimana setiap lingkaran tersebut tidak ada yang sejajar.
4. Teorema 1: Sebarang dua garis pada bola akan berpotongan [6]
5. Teorema 2: Diberikan sebuah garis pada bola dan sebuah titik A tidak pada garis tersebut, maka terdapat sebuah garis m yang bertemu pada sudut siku-siku ($\frac{\pi}{2}$ radian) di dua titik.
6. Teorema Gauss-Bonnet: Jika segitiga ABC adalah suatu segitiga bol, maka $\angle A + \angle B + \angle C = \pi + \text{Luas } \Delta ABC$

Teorema-teorema ini ini menjamin bahwa jalur yang terbentuk pada Gambar membentuk sudut 90° disetiap titik sudutnya. Sehingga sudut total sebuah segitiga bola tidak lagi 180° , tetapi lebih dari 180° [3].

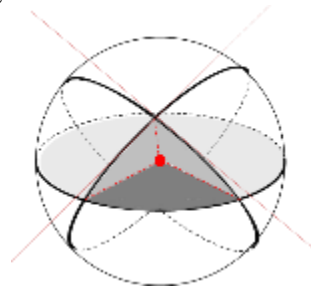
Karena setiap dari lingkran besar tidak sejajar maka untuk sebarang lingkaran besar akan saling memotong di dua titik yang disebut dengan titik antipodal. Apabila terdapat tiga lingkaran besar, maka lingkaran tersebut akan saling berpotongan di tiga titik, yang membentuk segitiga. Karena segitiga yang terbentuk berada pada permukaan bola, maka segitiga ini dinamakan segitiga bola (Lihat Gambar 4a). Melalui segitiga bola inilah, pengukuran arah dan sudut suatu titik ke titik lainnya pada permukaan bola dapat diketahui. Sehingga, apabila dikaitkan dengan permasalahan permukaan bumi dapat digambarkan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Segitiga bola pada permukaan bumi

Hasil dan Pembahasan

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa sisi pada segitiga bola tidak lain adalah busur dari lingkaran besar yang saling berpotongan (lihat Gambar 5). Lingkaran besar tersebut memiliki jari-jari yang sama dan memiliki pusat yang sama.



Gambar 5 Ilustrasi segitiga bola di tiga dimensi

Untuk menyelidiki bagaimana rumus sudut dalam segitiga bola, kita ingat kembali bagaimana konsep garis singgung pada bola. Perhatikan Gambar 6a, Lingkaran O memiliki jari-jari 1 satuan, AB adalah busur lingkaran O dengan sudut pusat α . Dapat ditentukan panjang proyeksi AB yaitu AB' yang merupakan segmen garis dari garis singgung lingkaran O . Dengan menggunakan definisi trigonometri, maka berlaku

$$AB' = \tan \alpha$$

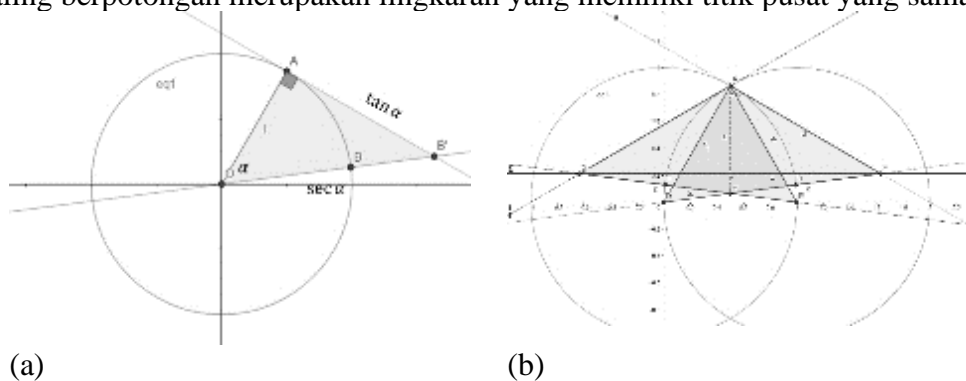
Dengan menggunakan teorema Pythagoras dan identitas trigonometri, diperoleh

$$(OB')^2 = OA^2 + AB'^2$$

$$(OB')^2 = 1 + \tan^2 \alpha$$

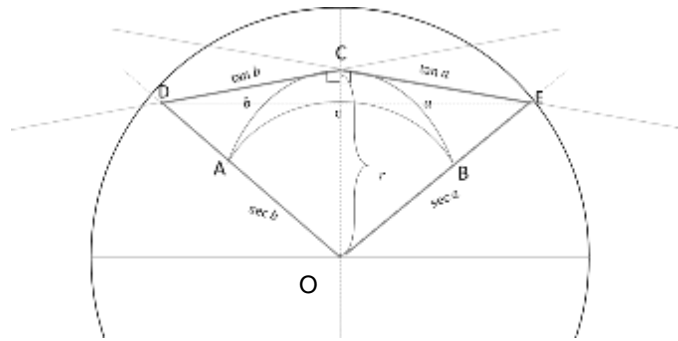
$$OB' = \sec \alpha$$

Karena sisi pada segitiga bola merupakan perpotongan dari lingkaran besar, maka dengan cara yang sama dapat dicari hubungan antara sudut yang diperoleh dari perpotongan sisi segitiga bola, seperti terlihat pada Gambar 5. Dalam hal ini, sulit untuk mengilustrasikan segitiga bola dalam dua dimensi, namun kita akan mencoba mengilustrasikan bagaimana hubungan antara dua sisi pada segitiga bola, apabila lingkaran besar berpotongan (lihat Gambar 6b). Gambar tersebut mengilustrasikan bagaimana jika dua sisi segitiga bola yang berpotongan dicari proyeksinya. Walaupun, pada kenyataannya lingkaran besar yang saling berpotongan merupakan lingkaran yang memiliki titik pusat yang sama.



Gambar 6 Penentuan trigonometri pada bidang bola

Apabila ketiga segitiga bola tersebut dinyatakan dalam bentuk dua dimensi, maka seperti terlihat pada Gambar 7. Misalkan A, B, C merupakan sisi pada segitiga bola pada permukaan bola S . Berdasarkan definisi dari geometri bola, AB, BC , dan AC merupakan busur dari lingkaran besar yang terletak pada S .



Gambar 7 Penentuan sudut pada trigonometri bola

Diberikan garis CD merupakan garis singgung lingkaran besar AC . Garis CE merupakan garis singgung lingkaran besar BC . Dengan demikian CO yang merupakan jari-jari dari lingkaran besar S tegak lurus pada CD dan CE . Sudut bola $\angle ACB$ didefinisikan sebagai sudut antara garis singgung CD dan CE . Perlu diperhatikan bahwa walau pada Gambar 7, terdapat tanda tegak lurus di kedua garis singgung tersebut, namun sudut antara garis singgung CD dan CE bukan 180° , karena CD dan CE berada pada bidang yang berbeda.

Perhatikan $\triangle DCE$, dengan menggunakan aturan cosinus pada segitiga diperoleh

$$DE^2 = CD^2 + CE^2 - 2CD \cdot CE \cos C$$

$$DE^2 = \tan^2 b + \tan^2 a - 2 \tan b \cdot \tan a \cos C \tag{1}$$

Perhatikan $\triangle DOE$, dengan menggunakan aturan cosinus pada segitiga diperoleh panjang proyeksi dari c

$$DE^2 = OD^2 + OE^2 - 2OD \cdot OE \cos c$$

$$DE^2 = \sec^2 b + \sec^2 a - 2 \sec b \cdot \sec a \cos c \tag{2}$$

Dengan mengurangi persamaan (2) dan persamaan (1), diperoleh

$$DE^2 = \sec^2 b + \sec^2 a - 2 \sec b \cdot \sec a \cos c$$

$$\underline{DE^2 = \tan^2 b + \tan^2 a - 2 \tan b \cdot \tan a \cos C}$$

$$0 = 1 + 1 - 2 \sec b \cdot \sec a \cos c + 2 \tan b \cdot \tan a \cos C$$

$$0 = 2 - 2 \sec b \cdot \sec a \cos c + 2 \tan b \cdot \tan a \cos C$$

$$0 = 1 - \sec b \cdot \sec a \cos c + \tan b \cdot \tan a \cos C$$

Dengan mencari nilai dari $\cos c$ diperoleh,

$$\sec b \cdot \sec a \cos c = 1 + \tan b \cdot \tan a \cos C$$

$$\cos c = \frac{1 + \tan b \cdot \tan a \cos C}{\sec b \cdot \sec a}$$

$$\cos c = \cos b \cdot \cos a + \sin b \cdot \sin a \cos C \tag{3}$$

Dengan cara yang sama akan diperoleh pula [1]:

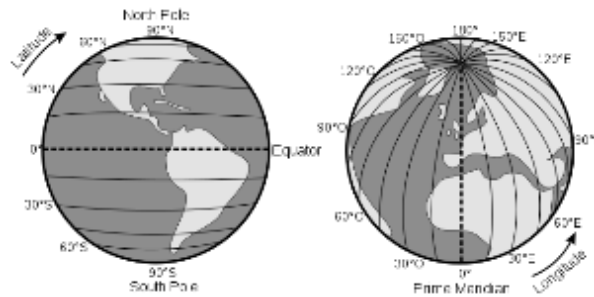
$$\cos a = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b \cos A \tag{4}$$

$$\cos b = \cos a \cdot \cos c + \sin a \cdot \sin c \cos B \tag{5}$$

Persamaan (3) (4) dan (5) inilah yang nantinya bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam menentukan arah kiblat sholat. Apabila diperhatikan persamaan (3), untuk dapat menggunakan rumus ini, kita tentu perlu mengetahui berapa sudut yang terlibat. Ketika hanya bekerja pada bangun di atas kertas tentu akan dengan mudah menggunakan busur derajat untuk menghitungnya, namun apabila permasalahannya adalah sudut yang terbentuk antara lokasi A dan lokasi B di permukaan bumi, tentu penggunaan busur sudah tidak memungkinkan lagi. Dalam permasalahan ini, penggunaan garis lintang dan garis bujur menjadi penentu dari lokasi suatu tempat. Penjelasan mengenai garis lintang dan garis bujur akan dibahas berikutnya.

Garis Bujur dan Garis Lintang

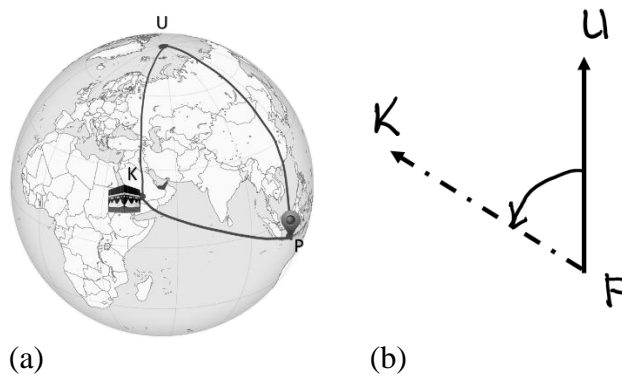
Permukaan bumi dibagi menjadi garis semu yang disebut dengan garis lintang dan garis bujur. Garis lintang membagi bumi secara horisontal sedangkan garis bujur membagi bumi secara vertikal. Ilustrasi dari garis lintang dan garis bujur diberikan pada Gambar 8. Garis ekuator merupakan garis lintang yang membagi bumi menjadi dua bagian yaitu utara (atas) dan bumi bagian selatan (bawah), masing-masing sebesar 90°. Sehingga ketika suatu benda atau wilayah berada di sisi bagian utara bumi maka posisi dari benda tersebut berada pada lintang utara. Sedangkan garis meridian adalah garis 0° yang membagi bumi menjadi timur dan barat, yang masing-masing 180°. Setiap benda di permukaan bumi dapat ditentukan dengan menggunakan koordinat dari lintang dan bujur. Artinya setiap yang ada di permukaan bumi dapat diketahui koordinatnya. Saat ini, garis lintang dan bujur ini dapat dengan mudah diambil dari *Google Earth*.



Gambar 8 Garis Lintang dan garis bujur di bumi

Dalam kaitan dengan permasalahan menentukan arah kiblat, telah ditemukan dan dan dibuktikan hukum-hukum segitiga bola yang sesuai dengan hukum-hukum yang dikenal untuk segitiga-segitiga planar pada rumus (3). Dalam menerapkan rumus ini perlu diperhatikan bagaimana mengukur sudut-sudut yang terlibat dengan menggunakan kaidah garis lintang dan garis bujur.

Misalkan kita akan menyelidiki bagaimana arah kiblat untuk masjid di Kota Malang. Dengan kata lain, berapakah sudut yang terbentuk antara masjid di Kota Malang terhadap kutub utara terhadap posisi kabah di Mekkah. Jadi, apabila dibuat ilustrasi akan tampak seperti pada Gambar 9, dimana yang akan cari tahu adalah sudut P.



Gambar 9 Ilustrasi penentuan sudut arah kiblat

Hal yang perlu dilakukan adalah menentukan lokasi lintang dan bujur untuk masing-masing lokasi, yaitu posisi kabah dan posisi masjid di kota Malang. Melalui *Google Earth* seperti pada Gambar 10 dan Gambar 11 dapat diketahui koordinat dari Kabah yaitu 21 ° 25'35.9 "LU, 39 ° 49'32.27" BT



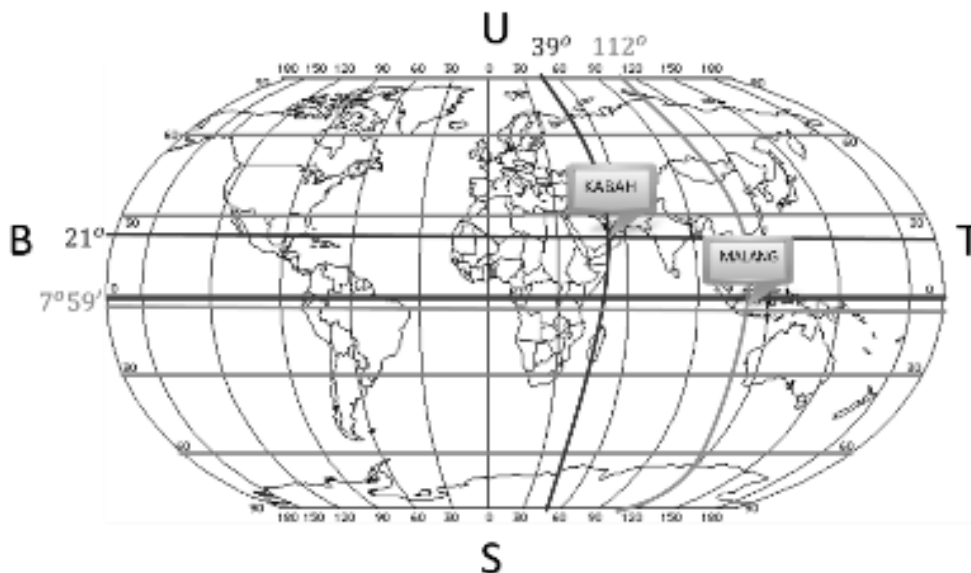
Gambar 10 Koordinat Kabah di Google Earth

Melalui Google Earth seperti pada Gambar 10 dapat diketahui koordinat dari Masjid Kota Malang yaitu 7°59'02. "LS, 112 ° 37'36" BT



Gambar 11 Koordinat Masjid Kota Malang

Cara untuk menentukan posisis tersebut yaitu dengan mencari garis potong antara garis bukur dan garis lintang. Seperti terlihat pada Gambar 12

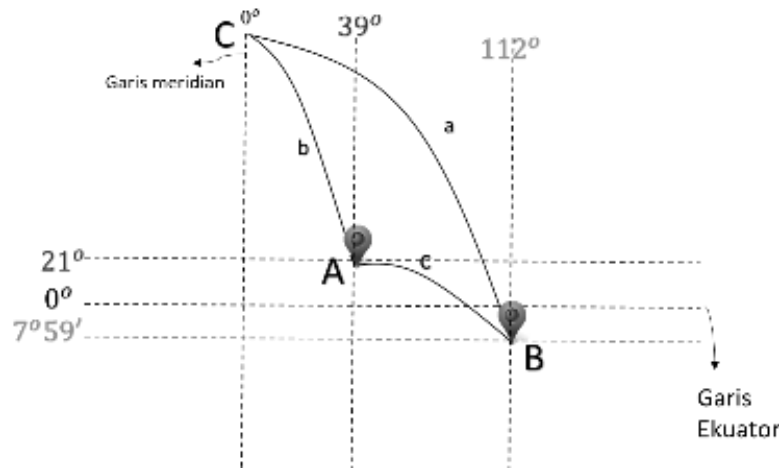


Gambar 12 Letak kabah dan Masjid Kota malang secara garis lintang dan bujur

Setelah didapatkan lokasi lintang dan bujur, selanjutnya adalah menentukan sudut yang terbentuk antara Masjid Malang terhadap kutub utara dan kabah dengan menggunakan rumus (3). Untuk memudahkan dalam melakukan perhitungan nilai menit dan detik akan dikonversi ke dalam derajat

Tabel 1. Koordinat Lokasi Berdasarkan Google Earth

Nama Lokasi	Koordinat	Konversi desimal
kabah (A)	21 ° 25'35.9 "LU, 39 ° 49'32.27" BT	21.423063 LU,39.825781 BT
Masjid Malang (B)	7°59'02 LS, BT 112 ° 37'36"	7.982244 LS, 112.630014 BT



Gambar 13 Perhitungan panjang sisi dan sudut dalam rumus cosinus trigonometri bola

Dengan menggunakan rumus (5) yaitu $\cos b = \cos a \cdot \cos c + \sin a \cdot \sin c \cos B$, maka dapat ditentukan:

$$\cos B = \frac{\cos b - \cos a \cos c}{\sin a \sin c}$$

Dimisalkan ϕ adalah koordinat lintang, dan λ adalah koordinat bujur. Untuk menghitung berapa b , dihitung dari berapa jarak C ke A yaitu 90° dikurangi dengan derajat lintang dari A (ϕ_A). Sedangkan untuk menghitung berapa c , dihitung dari berapa jarak A ke B yaitu derajat bujur dari B (λ_B) dikurangi derajat bujur dari A (λ_A). Perlu diperhatikan bahwa besar a adalah dengan menjumlahkan 90° dengan derajat lintang dari B (ϕ_B) karena posisi dari B berada pada lintang selatan. Dengan demikian,

$$\cos B = \frac{\cos(90 - \phi_A) - \cos(90 + \phi_B) \cdot \cos(\lambda_B - \lambda_A)}{\sin(90 + \phi_B) \cdot \sin(\lambda_B - \lambda_A)}$$

$$\cos B = \frac{\cos(90 - 21.423063) - \cos(90 + 7.982244) \cdot \cos(112.630014 - 39.825781)}{\sin(90 + 7.982244) \cdot \sin(112.630014 - 39.825781)}$$

$$\cos B \approx 0.429478353$$

Sehingga sudut B adalah

$$\cos^{-1}(0.429478358) \approx 64.56554033^\circ$$

Sehingga dapat dikatakan bahwa sudut kiblat dari masjid Kota Malang berkisar 64.56554033° dari kutub utara.

Kesimpulan

Matematika adalah ilmu pengetahuan yang diimplementasikan dalam berbagai bidang, tidak hanya dalam kajian sains dan teknologi namun juga ilmu-ilmu sosial seperti ekonomi dan bisnis. Pentingnya aplikasi dalam matematika inilah membuat para ilmuwan di berbagai dunia menyumbangkan temuan dan perkembangan dalam matematika, tidak tekecuali ilmuwan muslim seperti Al-Khawrizmi. Peran matematika dalam kehidupan Islam dan peribadatannya adalah penentuan arah kiblat untuk sholat. Penentuan arah kiblat untuk setiap titik di permukaan bumi berbeda satu dengan yang lainnya, ditambah lagi perubahan permukaan bumi akibat pergerakan lempeng yang terjadi setiap saat membuat besarnya kemungkinan adanya pergeseran arah kiblat untuk suatu daerah tertentu. Oleh karena itu, dengan menggunakan prinsip geometri bola, segitiga bola dan trigonometri bola yang mencerminkan bentuk bumi yang berupa ellipsoid dapat dirumuskan cara menghitung arah kiblat untuk setiap daerah di permukaan bumi, yaitu dengan menggunakan aturan kosinus sebagai berikut:

$$\cos B = \frac{\cos b - \cos a \cos c}{\sin a \sin c}.$$

Walau dalam artikel ini telah dijelaskan secara rinci mengenai rumus yang digunakan, namun peluang untuk perkembangan rumus yang lebih akurat dalam menentukan arah kiblat untuk umat muslim masih sangatlah besar. Ada berbagai metode yang bisa digunakan dalam menentukan arah kiblat. Metode-metode tersebut penting untuk dikaji lebih lanjut guna mendapatkan hasil yang lebih presisi.

Referensi

- [1] Aditiani, S. N., Masithoh, D. F., & Aminah, N. S. (2015). Penentuan arah kiblat dengan metode segitiga bola. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika (SNFPF) Ke-6 2015* (Vol. 6, pp. 35–41).
- [2] Johnson, R. (n.d.). Spherical Trigonometry. *Quaternions and Rotation Sequences*. <https://doi.org/10.2307/j.ctvx5wc3k.15>
- [3] Lupton, W. (1857). III. On spherical geometry. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 14(90), 35–39. <https://doi.org/10.1080/14786445708642348>
- [4] Shuriye, A. O., & Daoud, J. I. (2011). Islamic mathematical sciences. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(3), 51–59
- [5] Zaprulkhan, Z. (2017). Membangun Relasi Agama Dan Ilmu Pengetahuan. *Kalam*, 7(2), 259. <https://doi.org/10.24042/klm.v7i2.465>
- [6] Arapura, D. (n.d.). Spherical geometry, 1–9. [bahan kuliah]. Diakses pada 7 mei 2021 dari <https://www.math.purdue.edu/~arapura/460/spherical.pdf>
- [7] Aminah, A. N. (2019). Arah Kiblat Sejumlah Masjid Melenceng di Cirebon. *Republika*. [tipe berita] diakses pada 7 mei 2021 dari <https://republika.co.id/berita/dunia-islam/islam-nusantara/19/07/15/puoxz1384-arrah-kiblat-sejumlah-masjid-melenceng-di-cirebon>
- [8] Fat. (2010). MUI Malang Imbau Penyempurnaan Arah Kiblat Masjid. [tipe berita] diakses pada 7 Mei 2021 dari <https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-1404840/mui-malang-imbau-penyempurnaan-arrah-kiblat-masjid>
- [9] Wahyono, T. (2020) Ajamalus: Kiblat Bergeser 1 Derajat Saja Bisa Melenceng 100 Km Dari Ka'bah. [tipe berita] Diakses pada 7 Mei 2021 dari <https://bengkulu.kemenag.go.id/berita/513450-ajamalus-kiblat-bergeser-1-derajat-saja-bisa-melenceng-100-km-dari-kabah>