

APLIKASI MATEMATIKA DALAM PENENTUAN ARAH KIBLAT DENGAN MENGGUNAKAN *SPHERICAL TRIGONOMETRI*

Oleh:

Siti Faizah, M.Pd.

Program Studi Pendidikan Matematika
Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Hasyim Asy'ari
Email: izahfaiz90@yahoo.co.id

ABSTRAK

Arah kiblat merupakan arah kota Makkah yang menjadi salah satu syarat sahnya melakukan ibadah sholat. Arah kota makkah (arah kiblat) dapat diketahui dari permukaan bumi, dengan melakukan suatu perhitungan, mengingat setiap titik dipermukaan bumi ini berada pada permukaan bola, maka perhitungan arah kiblat dapat dilakukan dengan salah satu ilmu ukur segitiga bola (*spherical trigonometri*) yang merupakan salah satu cabang dari ilmu matematika. Sehingga matematika mempunyai peranan yang penting dalam hal ibadah umat Islam, yakni dengan melakukan penentuan arah kiblat disuatu tempat dengan menggunakan rumus yang sudah diketahui.

Kata kunci: Spherichal Trigonometri, Arah Kiblat

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Selama ini matematika dianggap sebagai ilmu yang abstrak, teoritis dan hanya berisi rumus-rumus, seolah-olah tidak bersinggungan dengan realitas kehidupan. Namun sebenarnya matematika merupakan ilmu dasar dari pengembangan sains (*basic of science*) dan sangat berguna dalam kehidupan. Dalam hal ibadah, matematika mempunyai peran penting misalnya dalam hal sholat yang tak lepas dari bilangan rakaat dan penentuan waktu sholat, penentuan hari dalam hal puasa wajib maupun sunah, penentuan batas minimal zakat (*nisab*) serta pembagiannya. Peran matematika yang berkaitan dengan sholat adalah penentuan awal waktu sholat dan menentukan arah kiblat.

Sebagian besar masyarakat Indonesia terdiri dari umat islam. Tentu saja dalam hal sholat, arah kiblat menjadi hal terpenting yang tidak dapat dikesampingkan karena menghadap kiblat merupakan salah satu syarat sahnya sholat. Seorang muslim yang menetap di suatu tempat tentu tidak kesulitan dalam menentukan arah kiblat, namun ketika ia bepergian jauh memungkinkan kesulitan dalam menentukan arah kiblat ketika akan melakukan sholat. Masalah kiblat tidak lain

adalah masalah arah, yaitu arah kota Makkah. Oleh karena itu, berusaha mencari arah kiblat merupakan sebuah ibadah dan sekaligus menjadi tantangan dalam sains dan teknologi.

Arah kota makkah dapat diketahui dari permukaan bumi ini, dengan melakukan suatu perhitungan, mengingat setiap titik dipermukaan bumi ini berada pada permukaan bola, maka perhitungan arah kiblat dapat dilakukan dengan salah satu ilmu ukur segitiga bola (*spherical trigonometri*).

Berdasarkan uraian tersebut maka dalam karya tulis ini membahas tentang "Aplikasi Matematika dalam Penentuan Arah Kiblat dengan Menggunakan *Spherical Trigonometri*". Sehingga yang menjadi rumusan masalah dalam hal ini adalah: Apa yang dimaksud dengan arah kiblat? dan Bagaimana aplikasi *spherical trigonometri* dalam menentukan arah kiblat?, sedangkan tujuan penulisan adalah Untuk mengetahui pengertian arah kiblat, dan Untuk mengetahui aplikasi *spherical trigonometri* dalam menentukan arah kiblat. kemudian batasan pembahasannya adalah hanya membahas rumus trigonometri yang digunakan dalam ilmu ukur segitiga bola (*spherical trigonometri*) dan rumus untuk menentukan arah kiblat.

KAJIAN PUSTAKA

Arah Kiblat

Menurut Murtadho (2008: 123) kiblat yang mempunyai pengertian arah, berarti identik dengan kata *jihah* dan *syathroh*, yang dalam bahasa latin dikenal dengan istilah *azimuth*. Dalam wacana ilmu falak, *azimuth* diartikan sebagai arah yang posisinya diukur dari titik utara sepanjang lingkaran horizon searah jarum jam.

Penentuan arah kiblat erat kaitannya dengan letak geografis, yakni berapa derajat jarak suatu tempat dari khatulistiwa yang lebih dikenal dengan istilah lintang (φ) dan berapa derajat letak suatu tempat dari garis bujur (λ) kota Makkah. (Raharto, Moedji: 2010)

Penentuan arah kiblat secara ilmu astronomi yakni mengetahui posisi lintang dan bujur geografis ka'bah dan posisi tempat pengamat berada, sehingga diperlukan ilmu pengetahuan segitiga bola untuk mengetahui berapa derajat arah mata angin (utara, timur, selatan dan barat). Dalam hal ini bujur timur dan bujur barat di ukur dari 0° berlawanan arah bertemu pada meridian 180° sebagai batas penanggalan (*date line*) internasional. Dalam hubungannya dengan penentuan arah kiblat, mengingat arah kiblat ini berkaitan dengan lintang dan bujur Makkah, maka untuk keseragaman digunakan pedoman Keputusan Badan Hisab Rukyat Departemen Agama RI, yang menetapkan lintang kota Makkah $21^\circ 25'$ utara dan bujurnya adalah $39^\circ 50'$ timur.

Sejarah Arah Kiblat

Ka'bah merupakan bangunan suci kaum muslimin yang terletak di kota Makkah tepatnya di dalam masjidil haram, yang dijadikan arah pusat dalam melakukan ibadah, khususnya dalam melakukan ibadah sholat serta wajib dikunjungi ketika melaksanakan ibadah haji dan umrah. Bangunan berbentuk kubus ini berukuran $12 \times 10 \times 15$ meter. Ka'bah menurut bahasa adalah *Bait al - Haram* di makkah, *al-ghurfatu* (kamar), *kullu baitin murabba'in* (setiap bangunan yang berbentuk persegi empat). Ka'bah disebut juga dengan *Baitullah*, *baitul haram* dan *baitul atiq* atau rumah tua yang dibangun kembali oleh nabi Ibrahim dan putranya nabi Isma'il atas perintah Allah SWT.

Pada masa masih di Makkah atau sebelum hijrah ke Madinah Nabi Muhammad Saw. dan kaum muslimin dalam melakukan ibadah shalat selalu menghadap ke Baitullah. Setelah hijrah ke Madinah kiblat dipindahkan ke arah Bait al-Maqdis di Yerusalem. Perpindahan arah kiblat ini dengan tujuan agar kaum Yahudi (bani israil) bisa tertarik kepada ajaran Nabi Muhammad akan tetapi yang terjadi justru sebaliknya.

Perubahan arah kiblat dari Bait al-Maqdis di Yerusalem menjadi ke ka'bah di Makkah ini terjadi pada tahun ke 2 H. Setelah nabi Muhammad melihat kenyataan bahwa perubahan kiblat ke arah Bait al-Maqdis dalam rangka menarik hati bani Israil yakni agar dengan kesamaan kiblat itu mereka bersedia mengikuti ajaran Islam karena Bait al-Maqdis dibangun oleh nabi Sulaiman as. (leluhur bani israil yang sangat mereka kagumi), setelah setahun setengah lebih nabi Muhammad Saw. dan kaum muslimin mengarahkan kiblatnya ke arah Bait al-Maqdis akan tetapi orang-orang yahudi tetap dalam agamanya bahkan bersikap memusuhi Nabi dan kaum muslimin.

Sehingga terbetik dalam hati Nabi Saw untuk kembali mengarahkan ke ka'bah karena ka'bah Baitullah adalah rumah peribadatan pertama yang dibangun oleh manusia jauh sebelum dibangunnya Bait al-Maqdis. Selain itu juga untuk menguji keimanan kaum muslimin apakah akan mengikuti perintah Allah dan Rasul-Nya atau tidak. (Maskufa, 2009: 129)

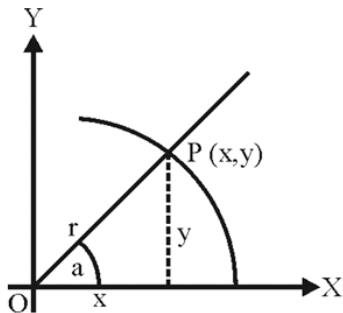
Matematika Sebagai Ilmu Aplikatif

Salah satu pembagian bidang ilmu matematika adalah studi tentang ruang yang di dalamnya terdapat topik tentang trigonometri. Trigonometri (dari bahasa Yunani *trigonon* = tiga sudut dan *metro* = mengukur) adalah sebuah cabang matematika yang berhadapan dengan sudutsegi tiga dan fungsi trigonometri seperti sinus, cosinus, dan tangen. (Wikipedia: 2011)

Trigonometri telah dikenal sejak dulu dan sudah akrab dengan definisi-definisi yang didasarkan pada sudut serta segitiga siku-siku. Ketika berbicara trigonometri tentu tidak terlepas dengan dalil *pythagoras*. Pemahaman yang baik tentang trigonometri akan membantu memudahkan dalam perhitungan menentukan arah kiblat yakni dengan menggunakan *sperichal terigonometri* (ilmu ukur segitiga bola). Menurut (Negoro dan Harahap: 2003) untuk mengetahui pokok-pokok tentang trigonometri adalah sebagai berikut:

Fungsi Trigonometri

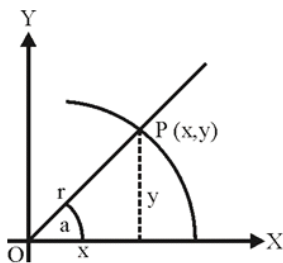
- Fungsi cosinus, sinus, dan tangen.



Gb: 1.1

$$\begin{aligned} \text{Cosinus } \alpha &= \frac{x}{r} \\ \text{Sinus } \alpha &= \frac{y}{r} \\ \text{Tangen } \alpha &= \frac{y}{x} \end{aligned}$$

Fungsi cotangen, secan, dan cosecan



Gb: 1.2

$$\begin{aligned} \text{Cotangen (cotan) : kebalikan dari tangen: } \text{Cotg } \alpha &= \frac{x}{y} \\ \text{Secan (sec) adalah kebalikan cosinus: } \text{Sec } \alpha &= \frac{r}{x} \\ \text{Cosecan (csc) adalah kebalikan sinus: } \text{Csc } \alpha &= \frac{r}{y} \end{aligned}$$

Sudut-sudut yang berkomplemen

Bila α sudut lancip, komplemennya adalah $(90^\circ - \alpha)$.

$$\sin (90^\circ - \alpha) = \cos \alpha \quad \csc (90^\circ - \alpha) = \sec \alpha$$

$$\cos (90^\circ - \alpha) = \sin \alpha \quad \sec (90^\circ - \alpha) = \csc \alpha$$

$$\tan (90^\circ - \alpha) = \cot \alpha \quad \cot (90^\circ - \alpha) = \tan \alpha$$

Menurut (Jamil, 2009 : 49) bola bumi untuk keperluan penentuan posisi lintang dan bujur geografis. Lingkaran besar utama adalah ekuator dan lingkaran ekuator mempunyai dua kutub yaitu kutub utara dan kutub selatan. Kedua kutub tersebut dihubungkan dengan sumbu rotasi planet bumi. Sistem koordinat astronomi ditentukan dengan lingkaran besar utama pada bola langit, misalnya sistem koordinat horizon, lingkaran besar utama adalah perpotongan bidang horizon dengan bola langit dan dua kutubnya adalah zenith dan nadir. Lingkaran besar merupakan sebuah lingkaran hasil potong bidang datar yang melewati pusat bola, perpotongan yang tidak melewati pusat bola hanya akan menghasilkan lingkaran kecil.

Menurut (Raharto, Moedji: 19) sebuah segitiga bola ABC adalah segitiga pada permukaan bola dengan sisi-sisinya adalah busur lingkaran besar. Sudut bola adalah sudut yang diapit oleh dua busur lingkaran besar. Sudut bola segitiga bola ABC masing-masing adalah A, B, C, sedangkan sisi-sisi segitiga bola yang dihadapan sudut bola A, B, dan C masing-masing adalah a, b dan c. Secara singkat akan dibahas konsep segitiga bola. Beberapa perbandingan (sifat dan rumus) segitiga datar dan segitiga bola:

Segitiga Datar ABC	Segitiga Bola ABC
Jumlah tiga buah sudut segitiga datar ABC adalah $A+B+C = 180^\circ$	Jumlah tiga buah sudut bola sebuah segitiga bola ABC adalah $180^\circ < A+B+C < 540^\circ$ Jumlah tiga buah sudut segitiga bola ABC adalah $0^\circ < (a+b+c) < 360^\circ$
Aturan sisi-sisi segitiga datar: $(a+b) > c$, $(a+c) > b$ dan $(b+c) > a$	Aturan sisi-sisi segitiga bola: Aturan sisi-sisi dan sudut bola dalam segitiga bola : bila $a > b$ maka $A > B$, $a = b$ maka $A = B$ dst Bila A' , B' dan C' adalah segitiga bola kutub segitiga bola ABC maka $180^\circ < A' + B' + C' < 540^\circ$, $a = 180^\circ - A'$, $b = 180^\circ - B'$, $c = 180^\circ - C'$, $0^\circ < (a' + b' + c') < 360^\circ$. Bila $a' > b'$ maka $A' > B'$, $a' = b'$ maka $A' = B'$ dst.
$\frac{\sin A}{a} = \frac{\sin B}{b} = \frac{\sin C}{c}$ (R.sinus) $C^2 = a^2 + b^2 - 2 ab \cos C$ (R. cosinus)	$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c}$ (R. sinus segitiga bola) $\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$ (R. cosinus segitiga bola)

Keterangan: Segitiga datar adalah segitiga pada bidang datar dengan sudut A, B, dan C dan sisi-sisi segitiga masing-masing a, b, dan c dihadapan sudut A, B, dan C. Sedangkan segitiga bola adalah segitiga pada permukaan bola, sisi-sisi segitiga bola merupakan busur lingkaran besar dan sudut bola adalah sudut yang dibentuk oleh perpotongan dua busur lingkaran besar pada permukaan bola. Dengan demikian yang dimaksud dengan segitiga bola ABC adalah segitiga dengan sudut bola A, B, dan C dan sisi-sisi dihadapan sudut bola A, B, dan C masing-masing a, b, dan c.

Sisi a dan sudut bola A, sisi b dan sudut bola B, masing-masing terletak pada satu kwadran $c < 90^\circ$, a dan b, A dan B masing-masing terletak pada satu kwadran $c < 90^\circ$. a dan b, A dan B masing-masing pasangan terletak dalam kwadran yang berbeda, yakni:

kwadran I : melingkup sudut ($0^\circ - 90^\circ$)

kwadran II melingkup sudut ($90^\circ - 180^\circ$)

kwadran III melingkup sudut ($180^\circ - 270^\circ$)

kwadran IV melingkup sudut ($279^\circ - 360^\circ$) (J. Prcell: 1991)

Alasan penentuan arah kiblat menggunakan ilmu ukur segitiga bola (*Spherical Trigonometri*) karena bentuk bumi adalah bulat. Sehingga rumus yang digunakan yaitu:

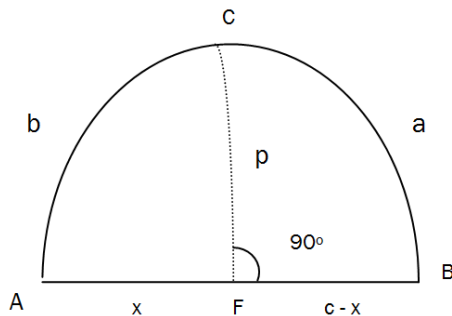
- sinus :

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c}$$

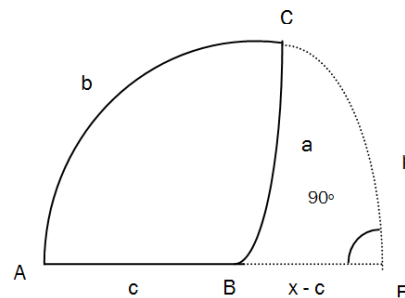
- cosinus

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

Pembuktian rumus sinus adalah:



Gb: 2.1



Gb: 2.2

Pada gambar tersebut dilukis garis tinggi $CF = p$ ke AB dengan $AF = x$, sehingga:

$$\sin A = \frac{\sin p}{\sin b} \dots (1)$$

$$\sin B = \frac{\sin p}{\sin a} \dots (2)$$

Jika persamaan (1) dibagi dengan persamaan(2) akan didapat:

$$\frac{\sin A}{\sin B} = \frac{\frac{\sin p}{\sin b}}{\frac{\sin p}{\sin a}} \text{ atau } \frac{\sin A}{\sin B} = \frac{\sin a}{\sin b} \text{ atau } \frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b}$$

Dengan cara yang sama akan didapat:

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin C}{\sin c} \text{ dan } \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c}, \text{ sehingga di dapat rumus sinus:}$$

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c} \dots (3)$$

Pembuktian rumus cosinus adalah :

Pada gambar tersebut didapat:

$$\cos a = \cos p \cos(c - x) \dots (1)$$

$$\cos b = \cos p \cos x \dots (2)$$

$$\tan x = \tan b \cos A \dots (3)$$

sehingga :

$$\frac{\cos a}{\cos b} = \frac{\cos p \cos(c-x)}{\cos p \cos x} = \frac{\cos(c-x)}{\cos x} = \frac{\cos c \cos x + \sin c \sin x}{\cos x} = \cos c + \sin c \tan x$$

Substitusikan persamaan (3), didapat:

$$\frac{\cos a}{\cos b} = \cos c + \sin c \tan x$$

$$\frac{\cos a}{\cos b} = \cos c + \sin c \tan b \cos A, \text{ sehingga}$$

$\cos a = \cos b \cos c + \cos b \sin c \frac{\sin b}{\cos b} \cos A$, kemudian di peroleh rumus:

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

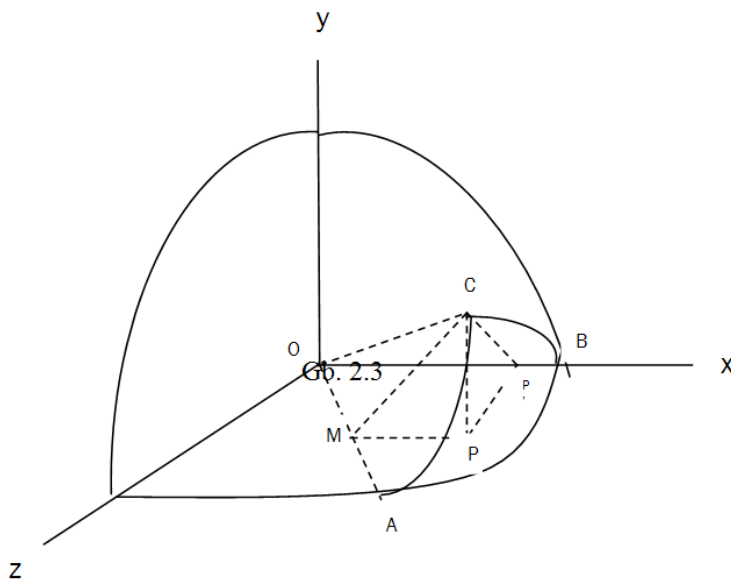
Dengan cara yang sama didapat :

$$\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B$$

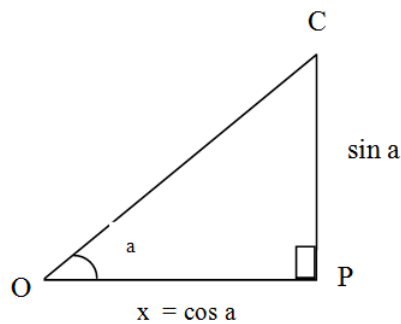
$$\cos c = \cos a \cos b \sin a \sin b \cos C$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

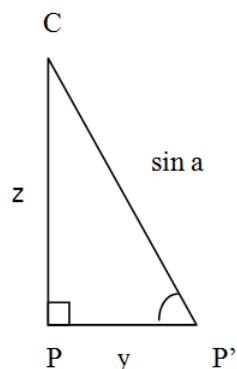
Spherical Trigonometri adalah segitiga pada permukaan bola, Sisi-sisi segitiga bola merupakan busur lingkaran besar dan sudut bola adalah sudut yang dibentuk oleh perpotongan dua busur lingkaran besar pada permukaan bola. Konsep segitiga bola banyak digunakan dalam astronomi, bola bumi dan bola langit yang paling sering dibicarakan sehubungan dengan keperluan praktis sehari-hari, seperti dalam penentuan arah kiblat.



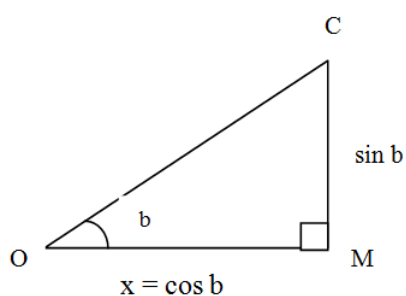
Gambar tersebut adalah segitiga bola ABC dengan O pusat bola yang berjari-jari 1 satuan. Sisi a, b, dan c masing-masing sisi segitiga bola didepan sudut bola A, B, dan C.



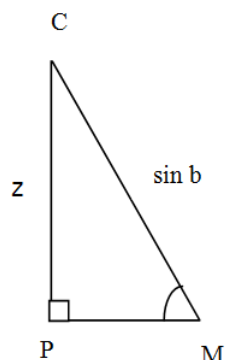
Gb. 2.4



Gb. 2.5

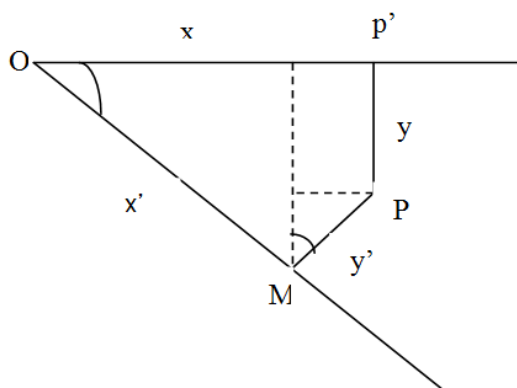


Gb. 2.6



Gb. 2.7

1. Rumus Cosinus



Gb. 2.8

Dari gambar tersebut di dapat :

$$x = x' \cos c + y' \sin c \dots (1)$$

$$y = x' \sin c - y' \cos c \dots (2)$$

Substitusikan x , x' dan y' pada (1) akan didapat rumus cosinus :

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A \dots (3)$$

Dengan cara yang sama, didapat :

$$\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B \dots (4)$$

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C \dots (5)$$

Demikian juga, substitusikan x' , y dan y' pada (2) akan didapat :

$$\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A \dots (6)$$

Dengan cara yang sama. Didapat :

$$\sin a \cos C = \cos c \sin b - \sin c \cos b \cos A \dots (7)$$

$$\sin b \cos A = \cos a \sin c - \sin a \cos c \cos B \dots (8)$$

$$\sin b \cos C = \cos c \sin a - \sin c \cos a \cos B \dots (9)$$

$$\sin c \cos A = \cos a \sin a - \sin a \cos b \cos C \dots (10)$$

$$\sin c \cos B = \cos b \sin a - \sin b \cos a \cos C \dots (11)$$

2. Rumus Sinus

Perhatikan gambar 2.5 dan 2.7 bahwa $z = \sin a \sin B$ dan $z = \sin b \sin A$ sehingga didapat

$$\sin a \sin B = \sin b \sin A \text{ atau } \frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b}$$

Dengan cara yang sama, didapat :

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin C}{\sin c} \text{ sehingga } \frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c} \dots (12)$$

Dengan menggunakan pembuktian rumus cosinus, seperti yang sudah dijelaskan diatas, maka pembuktian rumus arah kiblat yaitu :

$$\cos B = \frac{\cos b \sin a - \sin b \cos a \cos C}{\sin c}, \text{ selanjutnya bagi kedua ruas dengan } \sin B.$$

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

Substitusi (rumus sinus) $\sin B = \frac{\sin b \sin C}{\sin c}$, sehingga didapat :

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

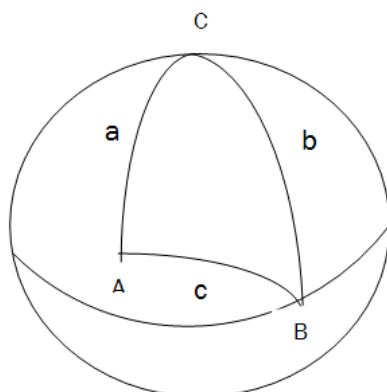
sehingga diperoleh rumus untuk menentukan arah kiblat yaitu:

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

Dalam melakukan perhitungan arah kiblat diperlukan alat hitung yang berupa kalkulator. Karena kaidah-kaidah ilmu ukur segitiga bola, sehingga untuk mempermudah proses perhitungan hendaknya menggunakan kalkulator *scientific*, karena jenis kalkulator ini mempunyai fungsi:

- Mempunyai mode derajat (DEG) dan satuan derajat ($^{\circ}$)
- Mempunyai fungsi sinus, cos dan tan beserta perubahannya.
- Mempunyai fungsi pembalikan pembilang dan penyebut biasanya dengan tanda $1/x$. Fungsi ini sangat penting untuk mendapatkan nilai cotan ($1/\tan$), sec ($1/\cos$) dan cosec ($1/\sin$).
- Mempunyai fungsi memori, biasanya bertanda Min dan MR
- Mempunyai fungsi minus, biasanya bertanda + / -

Sedangkan data yang diperlukan untuk menentukan arah kiblat dengan menggunakan rumus yang sudah diuraikan sebelumnya, yaitu:



Gambar: 2.9 (segitiga bola)

Keterangan :

C = kutub utara

B = kota yang dicari arah kiblatnya

A= kota Makkah

a = meridian yang melintasi kota B

b = meridian yang melewati kota Makkah

c = bujur yang menghubungkan kota B dengan kota Makkah (A)

1. Titik A, terletak di Ka'bah ö (bujur) = 21° 25' 25" (LU) dan λ (Lintang) = 39° 49' 39" (BT).
2. Titik B, terletak di lokasi yang akan dihitung arah kiblatnya.
3. Titik C, terletak di titik kutub Utara.

Menurut (Khazin, Muhyidin: 2001) unsur-unsur yang diperlukan dalam penggunaan rumus arah kiblat tersebut, adalah :

1. Jarak antara titik kutub utara sampai garis lintang yang melewati tempat/kota yang dihitung arah kiblatnya, sehingga dapat dirumuskan :

$$a = 90^\circ - \varphi$$

(90° adalah nilai yang di hitung dari garis khatulistiwa sampai ke titik Utara bumi/kutub Utara).

2. Jarak antara titik kutub utara sampai garis lintang yang melewati ka'bah ($\varphi = 21^\circ 25' 25''$) sehingga dapat dirumuskan:

$$b = 90^\circ - 21^\circ 25' 25''$$

(sisi b ini nilainya tetap, yaitu 68° 34' 35")

3. Jarak bujur, yakni jarak antara bujur tempat yang dihitung arah kiblatnya dengan bujur Ka'bah (39° 49' 39" BT), sehingga:

a. Jika $\lambda = 00^\circ 00' 00''$ s/d 39° 49' 39" BT maka $C = 39^\circ 49' 39'' - \lambda$

b. Jika $\lambda = 39^\circ 49' 39''$ s/d 180° 00' 00" BT maka $C = \lambda - 39^\circ 49' 39''$

c. Jika $\lambda = 00^\circ 00' 00''$ s/d 140° 10' 21" BB maka $C = (\lambda) + 39^\circ 49' 39''$

d. Jika $\lambda = 140^\circ 10' 21''$ s/d 180° 00' 00" BB maka

$$C = 320^\circ 10' 21'' - (\lambda).$$

Dalam hal ini akan dipaparkan contoh penentuan arah kiblat dengan menggunakan *Spherical Trigonometri* di suatu daerah, misalnya menentukan arah kiblat kota Jombang Jawa Timur. Adapun perhitungan dengan rumus *Spherical Trigonometri* adalah sebagai berikut:

- Data yang diperlukan yaitu :

$$\varphi_B = -7^\circ 32' \text{ (LS)} \quad \lambda_B = 112^\circ 13' \text{ (BT)}$$

$$\varphi_A = 21^\circ 25' 21'' \text{ (LU)} \quad \lambda_A = 39^\circ 50' 34'' \text{ (BT)}$$

- Mencari sisi a, b, dan $\angle A$:

$$b = 90^\circ - (\varphi_B) = 90^\circ - (-7^\circ 32') = 90^\circ + 7^\circ 32' = 97^\circ 32'$$

$$c = 90^\circ - (\varphi_A) = 90^\circ - 21^\circ 25' 21'' = 68^\circ 34' 39''$$

$$\angle A = (\lambda_B - \lambda_A) = 112^\circ 13' - 39^\circ 50' 34'' = 72^\circ 22' 26''$$

Melalui penggunaan rumus cosines akan diperoleh besarnya a, sehingga:

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$= \cos 97^\circ 32' \cos 68^\circ 34' 39'' + \sin 97^\circ 32' \sin 68^\circ 34' 39'' \cos 72^\circ 22' 26''$$

$$= (-0.131102969)(0.365242381) + (0.991368756)(0.930912457)(0.302804252)$$

$$= 0.231566877$$

$$a = \arccos 0.231566877$$

$$= 76^\circ 36' 38.38''$$

Jika sudah mendapatkan nilai a , besarnya sudut B dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sinus:

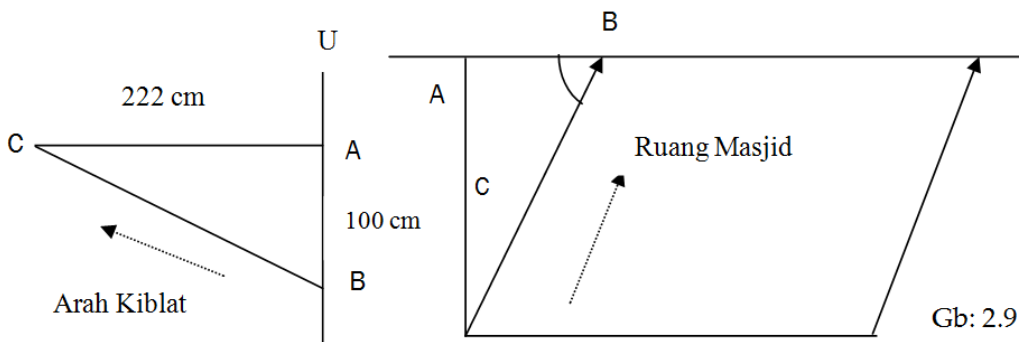
$$\begin{aligned} \frac{\sin A}{\sin a} &= \frac{\sin C}{\sin c} \\ \sin B &= \frac{\sin A \sin c}{\sin a} \\ &= \frac{\sin 72^{\circ} 22' 26'' \sin 68^{\circ} 34' 39''}{\sin 76^{\circ} 36' 38.38''} \\ &= \frac{0,953052771 \times 0,930912457}{0,972818983} \\ &= 0,911997722 = 65^{\circ} 46' 58.43'' \text{ (U - B)} \\ 90^{\circ} - 65^{\circ} 46' 58.43'' &= 24^{\circ} 13' 1.56'' \text{ (B - U)} \\ 24^{\circ} 13' 1.56'' + 90^{\circ} &= 114^{\circ} 13' 1.56'' \text{ (B - S)} \end{aligned}$$

Karena azimuth arah kiblat meliputi Utara ($Az = 0^{\circ}$), timur ($Az = 90^{\circ}$), selatan ($Az = 180^{\circ}$), barat ($Az = 270^{\circ}$), maka azimuth kota Jombang adalah $114^{\circ} 13' 1.56'' + 180^{\circ} = 294^{\circ} 13' 1.56''$ (Azimuth arah kiblat Jombang)

Setelah memperoleh hasil perhitungan arah kiblat maka langkah selanjutnya yaitu dilakukan pengukuran di lapangan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Menentukan arah mata angin (utara, selatan, barat dan timur) dengan menggunakan bantuan GPS (*Global Position System*)
- Membuat garis arah utara selatan di tempat yang benar-benar datar, sepanjang 100 cm (katakanlah titik A dan B)
- Tarik garis dari titik A sesuai arah yang dicari ke titik C tegak lurus pada garis U-S.
- Panjang garis AC dapat dicari dengan rumus:

$$\begin{aligned} \tan B &= AC/AB \\ AC &= \tan B \times AB \\ AC &= \tan 65^{\circ} 46' 58.43'' \times 100 \text{ cm} \\ &= 2.22333 \times 100 \text{ cm} \\ &= 222 \text{ cm} \end{aligned}$$
- Tarik garis yang menghubungkan titik B dengan titik C sehingga menjadi garis BC. Sehingga inilah yang menjadi arah kiblat setempat.



KESIMPULAN

Aplikasi *spherical trigonometri* dalam penentuan arah kiblat ini adalah dengan melakukan pengukuran arah kiblat tempat yang kita inginkan menggunakan data-data seperti lintang dan bujur kota Makkah dan kota yang akan di tentukan arah kiblatnya, kemudian dari data-data tersebut kita masukkan ke dalam rumus *spherical trigonometri* yang sudah dibuktikan pada pembahasan, yakni :

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

Kemudian jika sudah ketemu hasilnya maka selanjutnya yaitu melakukan pengukuran arah kiblat di lapangan dengan cara :

- Menentukan arah mata angin (utara, selatan, barat dan timur) dengan menggunakan bantuan GPS (*Global Position System*)
- Membuat garis arah utaran selatan di tempat yang benar-benar datar, sepanjang 100 cm (katakanlah titik A dan B)
- Tarik garis dari titik A sesuai arah yang dicari ke titik C tegak lurus pada garis U-S.
- Panjang garis AC dapat dicari dengan rumus: $AC = \tan B \times AB$
- Tarik garis yang menghubungkan titik B dengan titik C sehingga menjadi garis BC. Sehingga inilah yang menjadi arah kiblat tempat yang kita ukur.

DAFTAR PUSTAKA

- Khazin, Muhyiddin. 2004. *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik*. Yogyakarta: Buana Pustaka.
- Murtaho, Muhammad. 2008. *Ilmu Falak Praktis*. Malang: UIN- Malang Press.
- Negoro dan Harahap. 2003. *Ensikloprdia Matematika*. Ghalia Indonesia
- Djambek, Sa'adoeddin. 2004. *Arah Kiblat dan Cara Menghitungnya dengan Jalan Ilmu Ukur Segi Tiga Bola, cet II*. Jakarta Pusat: PT. Tintamas Indonesia.
- Maskufa. 2009. *Ilmu Falaq*. Jakarta: Gaung Persada
- Jamil, A. 2009. *Ilmu Falak Teori dan Aplikasi*, Jakarta: Amzah.
- Raharto, Moedji. *Ragam Cara Penentuan Arah Kiblat dalam Perspektif Astronomi*. Disampaikan pada seminar nasional "Problematika Arah kiblat dan Waktu Sholat" di ponpes Tebuireng Jombang pada tanggal 12-14 Juli 2010 yang diselenggarakan Ma'had Aly Al-Mahfudz kerjasama dengan Kementerian Agama RI
- Verberg, Dale & Edwin J. Purcell. 1991. *Kalkulus Jilid I. Cet VII (Terjemahan)*. Interaksara : Bandung
<http://id.wikipedia.org/wiki/Matematika/Trigonometri> Akses: 04 Nopember 2011
- <http://zaimwahid.wordpress.com/2011/09/17/menentukan-arah-kiblat-dengan-matematika/> Akses: 11 Juni 2012
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Matematika> Akses: 5 Juni 2008

Curriculum Vitae

Siti Faizah adalah dosen tetap pada program studi pendidikan matematika pada Fakultas Ilmu Pendidikan (FIP) Universitas Hasyim Asy'ari (UNHASY). Menyelesaikan pendidikan sarjana pada program studi Pendidikan Matematika di STKIP PGRI Jombang dan menyelesaikan Program Magister pada program studi pendidikan matematika di Universitas Negeri Surabaya (UNESA). Pengampu mata kuliah Aljabar Linier Elementer, kalkulus, Statistik Matematika, Aljabar Abstrak, Statistik, Matematika IPA, Model pembelajaran Matematika SD, Evaluasi Pembelajaran, Telaah dan Penyusunan Buku Ajar, dan Telaah Kurikulum. Email; izahfaiz90@yahoo.co.id