

**PERHITUNGAN ARAH KIBLAT MENURUT
SUSIKNAN AZHARI
(Tinjauan Matematika dan Astronomi dalam Buku Ilmu Falak
Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern)**



SINOPSIS

**Dibuat guna memenuhi salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Magister Studi Islam/Ilmu Falak**

**Oleh
Agus Solikin
NIM : 115 112 074**

**PROGRAM MAGISTER
PROGRAM PASCA SARJANA
INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI WALI SONGO SEMARANG
2013**

ABSTRAK

Rumus perhitungan arah kiblat dalam buku *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam Dan Sains Modern* karya Susiknan Azhari disebutkan ada empat rumus perhitungan yaitu rumus cosinus dan sinus, rumus analogi *Napier*, rumus cosinus dan sudut bantu, serta rumus *haversine*. Namun yang perlu diperhatikan yaitu, selain keempat rumus tersebut belum dijelaskan tentang bagaimana proses terjadinya rumus-rumus tersebut, juga belum diberikan bukti atau contoh tentang perhitungan arah kiblat dengan rumus *haversine*.

Berdasarkan hal tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi dua pokok masalah yaitu: Bagaimanakah tinjauan matematika dan astronomi dalam menjelaskan proses diperolehnya rumus-rumus perhitungan arah kiblat dalam buku *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*? Serta apakah rumus *haversine* dalam perhitungan arah kiblat hasilnya sama dengan ketiga rumus lainnya yang ada dalam buku tersebut?

Untuk menjawab rumusan masalah tersebut, maka telah dilakukan penelitian deskriptif kualitatif oleh penulis dalam tugas akhirnya, dengan sumber data literatur-literatur yang terkait dengan fokus penelitian dan data dikumpulkan dengan cara penelaahan dokumen-dokumen tersebut, selanjutnya data yang terkumpul dianalisis dengan cara deskriptif analitis induktif yang menggunakan pendekatan *grounded theory*. Sedangkan untuk mengetahui hasil perhitungan arah kiblat digunakan kalkulator casio *fx-350MS*.

Berdasarkan penelitian tersebut dapat diambil kesimpulan keempat rumus perhitungan arah kiblat tersebut memiliki akar rumus yang sama yaitu rumus cosinus dalam segitiga bola. Sedangkan, hasil perhitungan arah kiblat dengan rumus *haversine* memiliki kemungkinan sama dan kemungkinan berbeda. Jika hasil perhitungan berbeda, maka kemungkinan hasil perhitungan tersebut merupakan azimut kiblat. Selain itu dalam penelitian tersebut juga ditemukan bentuk-bentuk lain dari keempat rumus tersebut yang lebih mudah untuk dioperasikan dengan alat hitung kalkulator.

Kata kunci: Perhitungan arah kiblat, *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam Dan Sains Modern*, matematika, astronomi.

A. Latar Belakang

Umat Islam memiliki kewajiban sehari semalam untuk salat lima waktu, dan ketika menjalankan kewajibannya tersebut, menghadap kiblat sudah menjadi keharusan yang tak terbantahkan, karena menghadap kiblat menjadi salah satu syarat sahnya salat. Ayat–ayat yang berkaitan dengan masalah kiblat yaitu QS. *Al-Baqarah* (2) ayat 144

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

“Sungguh Kami (sering) melihat mukamu menengadahkan ke langit, maka sungguh Kami akan memalingkan kamu ke kiblat yang kamu sukai. Palingkanlah mukamu ke arah Masjidil Haram. Dan di mana saja kamu berada, palingkanlah mukamu ke arahnya. Dan sesungguhnya orang-orang (Yahudi dan Nasrani) yang diberi Al Kitab (Taurat dan Injil) memang mengetahui, bahwa berpaling ke Masjidil Haram itu adalah benar dari Tuhannya; dan Allah sekali-kali tidak lengah dari apa yang mereka kerjakan.” (Departemen Agama, 2005:23)

Membahas penentuan arah kiblat pada hakikatnya adalah membahas perhitungan arah dua tempat dari suatu tempat tertentu menuju ke Ka’bah, dan arah dalam hal ini merupakan jarak *sferis*. Jarak *sferis* antara dua tempat A dan B adalah jarak terpendek pada permukaan bola di tempat tersebut (Kusdiono, 2002:5), artinya jarak yang digunakan adalah jarak terdekat antara dua tempat tersebut. Selaras dengan hal itu, penentuan arah kiblat merupakan bagian dari khazanah keilmuan agama yang dipelajari dalam ilmu falak, sedangkan kaidah–kaidah syar’i tentang hal tersebut dipelajari serta dijelaskan dalam ilmu fiqih. Dua hal antara ilmu fiqih dengan ilmu falak adalah bagian integral yang saling terkait atau koheren antara yang satu dengan yang lain.

Ilmu falak memiliki nama–nama lain, seperti dalam bahasa Inggris disebut dengan astronomi, ada juga yang menyebut ilmu falak sebagai ilmu hisab yang berarti perhitungan (*arithmetic*) (Hambali, 2011:2-3).

Ilmu falak (ilmu hisab) yang memiliki perhitungan astronomis berkaitan dengan posisi Bulan dan Matahari, yang semuanya diorientasikan relasinya dengan ibadah dan salah satu pokok bahasannya adalah penentuan arah kiblat (Hambali, 2011:5). Selanjutnya, berdasarkan data–data yang ada, Bumi yang menjadi salah satu obyek kajian falak, sering didiskripsikan berbentuk bola. Tokoh yang memahami akan pemodelan atau pemahaman bentuk Bumi seperti bola diantaranya Ptolemy dan Copernicus, meskipun dua tokoh tersebut mengeluarkan teori yang berbeda dalam kaitannya dengan teori pusat tata surya, namun mereka beranggapan sama dalam pemahaman bentuk Bumi yaitu seperti bola yang disebut dengan *celestial sphere*. *Celestial sphere* adalah suatu bola dengan posisi pengamat atau titik referensi sebagai pusat bola dan benda–benda langit sebagai obyek pengamatan terletak pada permukaan bola tersebut. *Celestial sphere* ada tiga macam yaitu *topocentric sphere* (posisi aktual pengamat sebagai titik pusat bola), *geocentric celestial sphere* (Bumi secara keseluruhan sebagai titik pusat bola), *Heleocentric celestial sphere* (Matahari sebagai titik pusat bola) (Wijaya, 2009:1).

Pemodelan atau pendeskripsian bentuk Bumi dipelajari dalam ilmu astronomi dan perkembangan ilmu astronomi telah membuktikan bahwa sebenarnya Bumi tidak seperti bola atau bulat penuh, melainkan pipih di

kedua kutubnya, dengan diameter kutub 12.713,56 KM, sedangkan diameter equatornya 12.756,28 KM (Purwanto, 2011:2-3).

Pendeskripsian Bumi bentuknya seperti bola dengan jari–jari 6370 KM akan memudahkan dalam proses perhitungan, dan hasilnya juga sudah cukup akurat. Begitu pula dalam perhitungan arah kiblat, buku–buku falak juga mendeskripsikan bentuk Bumi seperti bola, salah satu buku falak yang mendeskripsikan Bumi berbentuk bola yaitu buku *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern* yang ditulis oleh Susiknan Azhari.

Selain itu, sebagaimana dijelaskan di awal bahwa ilmu falak juga dikenal dengan ilmu perhitungan (*arithmetic*) maka dengan demikian ilmu falak tentunya tidak bisa lepas dengan kaidah–kaidah perhitungan yang ada dalam matematika. Sedangkan pemahaman atau pendeskripsian akan bentuk Bumi seperti bola akan berimplikasi terhadap rumus perhitungan yang akan digunakan dalam menghitung sesuatu yang ingin diketahui. Misal, jika ingin diketahui arah kiblat dari kota Semarang ke Ka'bah, maka rumus yang digunakan untuk menghitung arah kiblat tersebut sangat dipengaruhi oleh pemodelan/pendeskripsian bentuk Bumi, yang dalam hal ini yaitu Bumi diyakini berbentuk bola, maka rumus yang digunakan adalah rumus–rumus yang ada dalam matematika yaitu ilmu ukur bola, karena bagaimanapun ilmu falak dalam pandangan Ibnu Khaldun adalah ilmu yang mempelajari tentang pergerakan bintang–bintang dan planet–planet, juga membahas tentang bagaimana pergerakannya dan kedudukannya, untuk melakukan prediksi dapat diketahui dengan menggunakan teori perhitungan geometri (Khaldun, 2005:88)

Vik Dhillon seorang profesor astrofisika di Universitas Sheffield Inggris menjelaskan bahwa¹ geometri bola (*spherical geometry*) adalah studi geometri pada permukaan bola dan merupakan analog bola geometri planar (datar), dari geometri bola ini akan diperoleh beberapa konsep dasar geometri bola, yang mana *Spherical geometry* banyak digunakan untuk perhitungan astronomi dan keperluan astronomi (Wijaya, 2009:2). Selain itu, yang perlu digaris bawahi adalah, dalam perhitungan geometri bola, maka dalam perhitungannya tidak bisa dilepaskan dengan kaidah–kaidah yang ada pada trigonometri dan dasar–dasar operasi aljabarnya. (Murray, 1899:9).

Trigonometri disebut juga dengan goniometri (Maskufa, 2008:75). Negoro dan Harahap (2010:75) menjelaskan pengertian dari Trigonometri/goniometri adalah sebagai berikut:

Ilmu ukur segitiga atau ilmu ukur sudut. Trigonometri berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata "Trigonon" yang berarti segitiga dan "metron" yang berarti ukuran. Menurut asalnya trigonometri cabang dari ilmu yang mencoba menyelidiki gerak benda–benda angkasa seperti Matahari, Bulan, dan bintang–bintang termasuk menghitung/memperkirakan posisinya. Dalam usaha menggunakan trigonometri sebagai dasar perhitungan/penyelidikan dikenal dua tokoh Astronomi bangsa Yunani bernama *Hipparchus* dari *Nicaca* (abad ke-2 SM) dan *Claudius Ptolemy* (abad ke-2 SM). Pada perkembangannya selama 2000 tahun trigonometri banyak digunakan dalam bidang–bidang astronomi, navigasi, dan penyelidikan–penyelidikan lainnya.

Atas dasar pengertian trigonometri tersebut sehingga kadang kala geometri bola disebut juga dengan trigonometri bola. Konsep–konsep dasar dari geometri bola atau trigonometri bola tersebut kemudian akan dapat

¹Penjelasan ini terdapat dalam http://www.shef.ac.uk/uni/academi/N-Q/phys/people/vdhillon/teching/phy105_sphergeon.html, di akses tanggal 28 Mei 2012 pukul 14.36 WIB

diaplikasikan dalam memecahkan masalah sehari-hari diantaranya yaitu masalah perhitungan arah kiblat yang menggunakan aturan segitiga bola.

Aturan–aturan (kaidah-kaidah) segitiga bola ini pula yang digunakan dalam literatur–literatur falak dalam perhitungan arah kiblat, termasuk buku *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*, meskipun dalam buku tersebut perhitungan arah kiblat ada empat rumus yang dituliskan yaitu rumus cosinus dan rumus sinus, menggunakan analogi *Napier*, dan rumus cosinus dan sudut bantu, serta rumus *haversine* (Azhari, 2007:32-34).

Berdasarkan pemaparan diatas maka, dapat disimpulkan secara sederhana hubungan segitiga emas dalam kajian falak yaitu hubungan antara fiqih, astronomi, dan matematika. Ahli fiqih merumuskan tentang kaidah syar'inya, misalnya kewajiban salat untuk menghadap kiblat sebagai syarat sah salat, ahli matematika membuat rumusan teori menghadap arah sesuatu dalam model matematika, sedangkan ahli astronomi merumuskan aplikasi rumusan ahli matematika dalam keadaan sebenarnya. Sebagaimana pendapat Ilyas (1984:169) yang mengatakan bahwa masalah menentukan arah kiblat adalah masalah trigonometri bola atau geografi matematika.

Seirama dengan di atas, bahwa hubungan segi emas antara fiqih, astronomi, dan matematika dapat dipahami secara sederhana yaitu fiqih berfungsi untuk memahami teks syar'i yang menjelaskan kewajiban untuk menghadap kiblat dalam salat. Sedangkan Matematika berfungsi menyediakan rumus-rumus perhitungannya. Astronomi berfungsi menyediakan data-data perhitungannya. Sehingga dengan demikian perpaduan antara matematika dan astronomi tersebut akan menghasilkan

ketentuan ke arah mana yang tepat di dalam menghadap kiblat. Sebagai contoh, di Indonesia umat Islam menjalankan salat meyakini bahwa arah kiblat yang tepat yaitu ke arah barat serong ke utara dengan tingkat keserongan bervariasi untuk masing-masing kota dan jika hal ini direlasikan dengan pemahaman bahwa Bumi ini berbentuk bola, maka sebenarnya jika salat umat Islam di Indonesia mengarah ke arah timur serong kesalatan (dari arah barat serong ke utara berputar 180^0) maka sebenarnya tetap akan ketemu di ka'bah. Namun, sebagaimana diketahui bahwa dalam realitasnya umat Islam di Indonesia tidak ada yang mengarah ke timur serong ke selatan. Atas dasar hal ini, maka timbul pertanyaan mendasar dalam pembicaraan atau pembahasan masalah kiblat tentang proses/cara mengetahui bahwa umat Islam di Indonesia arah kiblatnya ke barat serong ke utara?. Pertanyaan ini bisa dijawab dengan menggunakan matematika yang data-data perhitungannya disediakan oleh astronomi. Berdasarkan hasil perhitungan ternyata dapat diketahui bahwa Indonesia ke ka'bah jarak terdekat lewat ke barat serong ke utara dibandingkan lewat timur serong ke selatan, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa arah kiblat orang Indonesia ke arah barat serong ke utara dan hal ini sesuai dengan makna jarak *sferis* sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya.

Namun, terjadi paradoks yang berkembang dalam khazanah keilmuan falak saat ini, seakan-akan ilmu fiqih (ilmu falak) tidak ada kaitannya dengan matematika dan astronomi atau sebaliknya, matematika dan astronomi terlihat kurang adanya hubungan dengan ilmu falak, hal ini dapat dibuktikan dengan *sample* sederhana yaitu literatur-literatur yang saat ini ada dan beredar

dikalangan akademisi maupun masyarakat umum yang mudah ditemukan adalah literatur–literatur falak yang berkaitan dengan kaidah–kaidah atau sudut pandang fiqihnya, walaupun ditemukan literatur–literatur falak yang menggunakan atau menjelaskan sudut pandang matematika dan astronomi, maka secara umum teratur–literatur tersebut langsung menunjukkan rumus–rumusnya dalam segitiga bola tanpa menjelaskan dasar–dasarnya terlebih dahulu.

Paradoks keilmuan sebagaimana yang dijelaskan di atas, bertolak belakang dengan pendapat Murray (1908:1) yang menyatakan bahwa pada awal studi trigonometri bola disarankan untuk mengingat atau mempelajari beberapa definisi dan proposisi geometri padat. konsepsi yang jelas dan tajam dari sifat utama dari bola. Seirama dengan ini, Smart (1976:1) menjelaskan bahwa pondasi Astronomi bola adalah geometri bola.

Pendapat Murray maupun Smart tersebut sangat beralasan mengingat ada perbedaan konsep yang mendasar antara segitiga pada bidang datar dengan segitiga pada bidang geometri bola yang disebut dengan segitiga bola. Contoh sederhana perbedaan konsep sederhana tersebut yaitu perbedaan konsep dalam sudut. Bidang datar, memahami sudut adalah pertemuan (perpotongan) antara dua garis lurus, sedangkan sudut dalam geometri bola yaitu perpotongan antara dua lingkaran besar (Johnson:1). Sedangkan Thodhunter (1886:7) memberikan contoh perbedaan mendasar antara segitiga pada bidang datar dengan segitiga trigonometri pada bola yaitu pada konsep sisinya. Segitiga pada bidang datar semua sisinya berupa garis, sedangkan segitiga bola semua sisinya berupa lingkaran besar.

Dengan bahasa lain, paradoks keilmuan sebagaimana diuraikan di atas, literatur-literatur falak saat ini terkesan mengajari seseorang yang ingin belajar falak untuk jadi pemakai (*user*), tanpa ada kesadaran untuk menemukan (*Inquiri*) atas rumus-rumus yang ada, hal ini tercermin juga dalam perhitungan arah kiblat yang ada pada buku karya Susiknan Azhari yang berjudul *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*. Namun yang perlu digaris bawahi, ada sisi yang menarik untuk diperhatikan dalam buku tersebut dibandingkan dengan buku-buku atau literatur-literatur falak yang lainnya, dalam buku *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern* dijelaskan bahwa ada empat rumus perhitungan dalam menghitung arah kiblat yaitu rumus cosinus dan rumus sinus, menggunakan analogi *Napier*, dan rumus cosinus dan sudut bantu, serta rumus haversine. Sedangkan literatur-literatur lain dalam perhitungan menghitung arah kiblat secara umum di dalam menjelaskan rumusnya hanya ada satu rumus.

Sedangkan paradoks keilmuannya dalam buku yang diterbitkan oleh suara Muhammadiyah tersebut yaitu terlihat pada belum dijelaskannya kaidah matematika dan astronomi tentang proses bagaimana rumus-rumus tersebut diperoleh. Selain itu, paradoks keilmuan yang lain terlihat juga dalam rumus *haversine*, selain hanya dituliskan rumusnya, juga tidak ada contoh perhitungan rumus tersebut dalam perhitungan arah kiblat. Lebih jauh lagi, dalam buku tersebut belum dibuktikan apakah perhitungan arah kiblat yang menggunakan rumus *haversine* hasilnya sama dengan hasil perhitungan yang menggunakan ketiga rumus lainnya.

Secara umum rumus–rumus tersebut tidak ada masalah, namun bila direlasikan bahwa ilmu falak itu bagian integral dari khazanah keilmuan yang lain, maka menurut penulis perlu adanya penjelasan bagaimana kaidah–kaidah matematika dan astronomi menjelaskan proses-proses diperolehnya rumus–rumus tersebut. Sehingga pada akhirnya akan didapatkan pengetahuan/keilmuan yang utuh antara matematika, astronomi, dan falak atau dengan bahasa lain akan terlihat kerkaitan, ketersapaan, atau interkoneksi antara beberapa ilmu dalam perhitungan arah kiblat.

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut maka dalam karya tulis ini penulis bermaksud untuk mengangkat tentang bagaimana tinjauan matematika dan astronomi terhadap empat rumus perhitungan arah kiblat yang disampaikan oleh Susiknan Azhari dalam buku *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*, dengan harapan pada akhirnya akan diperoleh gambaran tentang penjelasan dan pengertian rumus–rumus tersebut dalam tinjauan matematika dan astronomi, sehingga setiap orang yang ingin belajar falak bukan hanya terkesan sebagai *user* belaka, tapi paling tidak individu/*person* yang ingin belajar falak tahu dan mengerti proses bagaimana rumus–rumus perhitungan arah kiblat itu ditemukan dan selanjutnya diaplikasikan.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi fokus penelitian ini yaitu:

1. Bagaimanakah tinjauan matematika dan astronomi dalam menjelaskan proses diperolehnya rumus–rumus perhitungan arah kiblat dalam buku *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*?

2. Apakah rumus *haversine* dalam perhitungan arah kiblat hasilnya sama dengan ketiga rumus lainnya yang ada dalam buku tersebut?

C. Kerangka Teori

1. Perhitungan Arah Kiblat

Sebagaimana disebutkan dalam latar belakang bahwa membahas masalah kiblat maka ada dua hal yang saling koheren yaitu kaidah syar'i dan perhitungan. Kaidah syar'i dibahas atau dijelaskan dalam ilmu *fiqih*. Sedangkan, perhitungan yang dalam bahasa Arab disebut dengan *alḥisāb* (Alkalali1981:183) dengan kata dasar *ḥāsaba – yuḥāsibu - muḥāsabatan - ḥisāban* (Anugraha2012:1), dalam bahasa Inggris disebut *Arithmetic* (Hambali.2011:3) memiliki pengertian bahwa:

“ Ilmu *ḥisāb* memang bermakna ilmu untuk menghitung posisi benda langit (matahari, bulan, planet-planet dan lain-lain). Yang memiliki akar kata yang sama dengan kata “hisab” adalah kata “husban” yang berarti perhitungan. Kata “husban” disebutkan dalam Al Qur'an untuk menyatakan bahwa pergerakan matahari dan bulan itu dapat dihitung dengan ketelitian sangat tinggi.” Anugraha (2012:1-2)

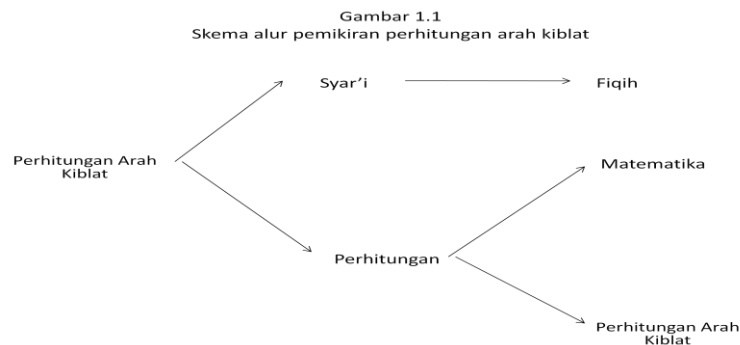
Ilmu *ḥisāb* dalam literatur klasik sering juga disebut dengan ilmu falak. Azhari (2007:1) menjelaskan pengertian falak yaitu:

“ secara etimologis kata falak berasal dari bahasa arab yang mempunyai persamaan arti kata *madar* atau kata orbit (bahasa Inggris) dan dalam *Kamus Besar Bahasa Indonesia* diartikan sebagai klingkaran langit atau cakrawala”

Ilmu *ḥisāb* atau ilmu falak menurut Hambali (2011:5-7) memiliki salah satu pokok bahasan yaitu *ḥisāb* arah kiblat, yang dijalankan atau dioperasikan berdasarkan dasar-dasar dan asumsi matematis yang tepat. Anugraha (2012:8) menyebutkan bahwa Ilmu *ḥisāb* atau ilmu falak erat

kaitannya dengan astronomi, sebagai contoh yaitu dalam hal pemodelan bentuk bumi yang diyakini seperti bola.

Berdasarkan pemaparan di atas, maka dalam kaitannya perhitungan arah kiblat dapat diperoleh skema alur pemikiran atau hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan arah kiblat tersebut yaitu:



2. Matematika

Pengertian matematika sangat sulit untuk dijelaskan secara tepat. Pada umumnya orang awam hanya mengenal matematika berdasarkan operasinya yang meliputi tambah (+), kurang (-), kali (x) dan bagi (:)
(Ayuasnantia:1)²

Andriyani (2008:67) juga menjelaskan pengertian matematika yang hampir sama dengan penjelasan tersebut di atas

“ Pengertian matematika dapat dijawab secara berbeda-beda tergantung kapan pertanyaan itu dijawab, dimana dijawab, siapa yang menjawab dan apa saja yang dipandang, berbagai pendapat muncul tentang apa itu matematika sebagai ilmu tentang bilangan dan ruang: matematika adalah ilmu tentang struktur yang terorganisasikan: matematika adalah ilmu deduktif: matematika adalah ratunya ilmu dan sekaligus pelayannya: matematika adalah bahasa simbol: matematika adalah bahasa numerik”

² Penjelasan ini terdapat dalam <http://ayuasnantia.student.umm.ac.id/artikel-pendidikan/>, di akses tanggal 21 April 2012 pukul 13.23 WIB

Dalam penelitian ini penulis memaknai tentang pengertian matematika yaitu Matematika adalah ratunya ilmu dan sekaligus pelayan dalam perhitungan arah kiblat, artinya sebagai ratu maka matematika dalam perkembangannya tidak dipengaruhi oleh perkembangan perhitungan arah kiblat, sedangkan matematika sebagai pelayan dalam perhitungan arah kiblat berarti matematika memberikan dasar–dasar perhitungan arah kiblat tersebut.

Matematika adalah bahasa simbol dalam perhitungan arah kiblat, artinya dalam perhitungan arah kiblat diperlukan sebuah bahasa dan simbol sebagai alat komunikasinya. Berkaitan dengan bahasa Andriyani (2008:68) menjelaskan matematika merupakan bahasa yang melambangkan serangkaian makna dari pernyataan yang ingin kita sampaikan. Kaitannya dengan penelitian ini yang memfokuskan objek penelitian dalam masalah perhitungan arah kiblat, maka dapat di ambil sebuah kesimpulan mendasar bahwa yang ingin disampaikan dalam penelitian ini yaitu tentang proses dan hasil perhitungan arah kiblat suatu tempat tertentu yang disimbolkan dalam satuan ukuran derajat

3. Astronomi

Barlow dan Bryan (1946:5) menjelaskan definisi tentang astronomi yaitu

“Astronomi adalah ilmu yang berhubungan dengan benda-benda angkasa yang terdiri dari berbagai hal yang ada dalam alam semesta, seperti Bumi (dianggap secara keseluruhan), Bulan, Matahari, Planet-planet, Komet, dan Nebula”

Sedangkan Astronomi sendiri menurut Barlow dan Bryan (1900:1) terbagi dalam tiga kelompok yaitu :

- a. Astronomi deskriptif
Astronomi deskriptif ini berkaitan dengan kegiatan observasi (mengamati) dan merekam gerakan berbagai benda-benda angkasa, dan dengan menerapkan hasil pengamatan tersebut untuk memprediksi posisi benda-benda tersebut di waktu yang akan datang di kemudian hari. Selain itu, Astronomi deskriptif juga mencakup penentuan jarak dan pengukuran dimensi benda-benda langit.
- b. Astronomi gravitational,
Astronomi gravitational adalah sebuah aplikasi dari prinsip-prinsip dinamika untuk menjelaskan gerakan benda-benda langit, yang termasuk dalam Astronomi gravitational ini yaitu yang mencakup penentuan massa dari suatu benda angkasa.
- c. Astronomi fisik
Astronomi fisik adalah Astronomi yang konsen membahas hal – hal yang berkaitan dengan penentuan sifat, kondisi fisik, suhu, dan konstitusi kimia dari benda-benda angkasa.

Dengan bahasa lain Azhari (2007:14) membagi obyek Astronomi juga dalam tiga kelompok yaitu:

- a. *Astrometry*
Astrometry adalah Astronomi yang membahas tentang posisi gerak diri, presisi, paralaks dan sebagainya.
- b. *Spektroskopi*
Spektroskopi adalah Astronomi yang membahas atau fokus kajiannya pada unsur kimia, proses fisika tempat meteri berada.
- c. *Fotometri*
Fotometri adalah Astronomi yang menjelaskan tentang pengukuran kuat cahaya, variasi kuat cahaya, dan warna.

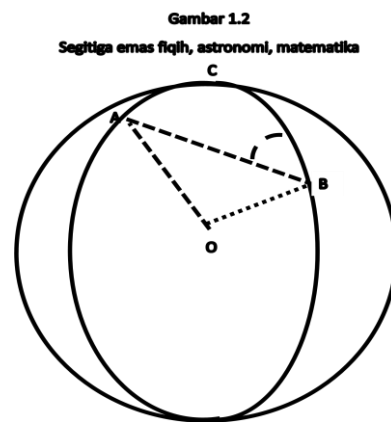
Berdasarkan pemaparan tersebut di atas, maka dalam penelitian yang memfokuskan pada perhitungan arah kiblat yang erat kaitannya dengan penentuan posisi suatu tempat di Bumi, maka astronomi dalam penelitian ini termasuk pada astronomi deskriptif atau *astrometry*³, dengan pendiskripsian bentuk Bumi seperti bola.

³ Sebagaimana diketahui bahwa penentuan arah kiblat ada juga yang menggunakan acuan bayang-bayang yang tentunya sangat dipengaruhi oleh posisi Matahari. Penentuan arah kiblat yang menggunakan acuan matahari sering diebut dengan *Rashdul Kiblat*

4. Hubungan Antara Fiqih, Astronomi, dan Matematika dalam Perhitungan Arah Kiblat

Berdasarkan uraian sebelumnya dapat ditarik sebuah relasi antara *fiqih*, astronomi, dan matematika. *Fiqih* dalam perhitungan arah kiblat berfungsi untuk menentukan kaidah *syar'i* berkaitan dengan hukum menghadap kiblat pada saat menjalankna sholat. Astronomi berperan dalam pemodelan bentuk bumi dan menyiapkan data-data yang diperlukan dalam perhitungan, yang selanjutnya dari pemodelan tersebut akan didapatkan rumus perhitungannya (peran matematika).

Untuk mempermudah pemahaman tentang hubungan segitiga emas antara *fiqih*, astronomi, dan matematika dalam perhitungan arah kiblat, maka dapat diilustrasikan dalam bola dunia sebagai berikut:



Kerangan:

A : Ka'bah

B : Kota yang akan dihitung arah kiblat

C : kutub Utara

O : Titik pusat bola

BC : Arah Kiblat dari kota S

Sudut ABC ($\angle ABC$) = Sudut arah kiblat

Dari gambar di atas dapat diperoleh penjelasan bahwa arah garis BC yang merupakan arah kiblat dari kota S ke Ka'bah hukum *syar'i* dipelajari dalam *fiqih*, sedangkan letak posisi A, B, C yang merupakan gambaran letak posisi kutub utara, kota S, dan Ka'bah dijelaskan dalam astronomi dan hal ini merupakan data-data yang diperlukan dalam perhitungan arah kiblat, sedangkan matematika sendiri menjelaskan tentang bagaimana

perhitungannya menemukan Sudut ABC ($\angle ABC$) = Sudut arah kiblat dari kota S ke Ka'bah.

D. Kaidah-Kaidah Perhitungan Arah Kiblat

1. Kaidah Syar'i Menghadap Kiblat

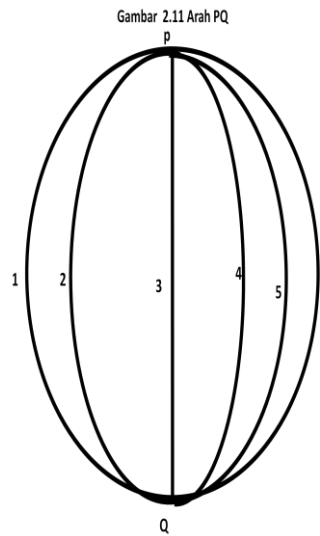
Secara harfiah kiblat mempunyai pengertian arah kemana orang menghadap, karena dalam salat orang harus menghadap ka'bah maka ka'bah identik disebut dengan kiblat (Majelis tarjih dan Tajdid Pimpinan Pusat Muhammadiyah, 2009:25-26).

Pengertian tersebut diatas seiring dengan penjelasan Khazin (2005:69) bahwa kiblat adalah arah ka'bah di Makkah yang harus dituju oleh orang yang sedang melakukan salat, sehingga semua gerakan salat, baik ketika berdiri, ruku', maupun sujud senantiasa berimpit dengan arah itu

2. Kaidah Matematika

a. Pengertian Arah

Membahas pengertian tentang arah, maka ada dua dimensi yang perlu diperhatikan, yaitu pengertian arah dalam bidang datar dan arah dalam geometri bola. Arah dari titik A ke titik B pada suatu bidang datar adalah arah garis lurus yang menghubungkan kedua titik tersebut. Garis lurus merupakan garis terpendek yang menghubungkan kedua titik tersebut pada bidang datar (Purwanto, 2012:2).



Dari gambar di atas dimisalkan ada dua tempat yaitu titik P dan Q dihubungkan dengan 6 jalan yaitu 1, 2, 3, 4, 5, dan 6, maka arah pada gambar disamping diwakili pada garis no 3 yang merupakan garis lurus, bukan lima garis lainnya meskipun kelima garis tersebut juga menghubungkan dua titik (tempat) tersebut.

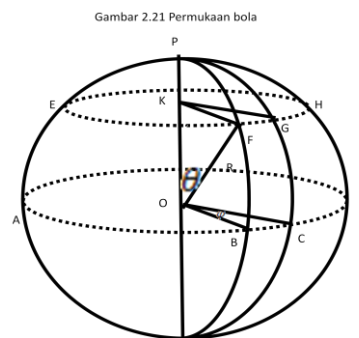
Sedangkan dalam kaitannya perhitungan arah kiblat dipermukaan bumi, yang mana dijelaskan sebelumnya bahwa dalam hal ini bumi dideskripsikan berbentuk bola, maka arah yang dimaknai yang paling tepat yaitu arah atau jarak terdekat sepanjang lingkaran besar yang melewati ka'bah dengan tempat kota yang bersangkutan (Khazin, 2004:50). Dengan bahasa lain, dalam perhitungan arah kiblat yang erat kaitannya dengan pendiskripsian akan bentuk bumi, maka yang paling tepat untuk menjadi acuannya yaitu sebuah lingkaran besar (Izzudin, 2012:126).

b. Geometri Bola

Berbicara geometri bola maka sebenarnya obyek yang dibahas cakupannya dalam bagian ini begitu luas, sehingga yang akan dibahas dalam pemaparan berikut ini yaitu berkenaan dengan obyek penelitian sebagaimana yang disampaikan oleh Agus Purwanto (2012:10-15)

1) Pengertian dan unsur-unsur bola

Permukaan bumi maupun langit kita berbentuk bola sehingga segitiga yang akan kita hadapi juga berada pada permukaan bola. Perhatikan gambar permukaan bola berikut:



Dari gambar di atas diberikan beberapa pengertian sebagai berikut:

- a) Lingkaran besar adalah lingkaran pada permukaan bola dengan titik pusat O
- b) Lingkaran kecil adalah lingkaran pada permukaan bola dengan titik pusat bukan di O
- c) Busur adalah lintasan pada lingkaran

Dari gambar dapat diketahui bahwa pada permukaan bola dapat dibuat banyak sekali (tidak berhingga) lingkaran besar maupun lingkaran kecil. Untuk memudahkan pembahasan kita ambil lingkaran besar dan lingkaran kecil horizontal seperti pada gambar.

Lingkaran dan setengah lingkaran

- a) ABCDA
- b) PFBQ
- c) PGCQ

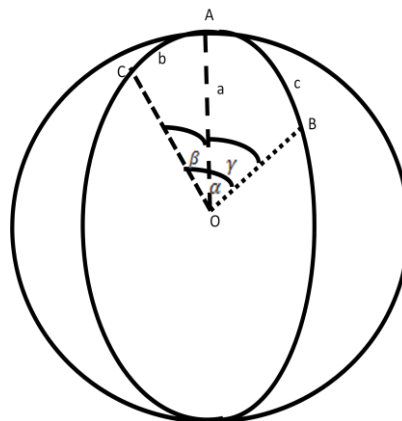
Berjari–jari R . Sedangkan lingkaran EFGHE adalah lingkaran kecil dengan jari–jari KF . Bidang lingkaran horizontal besar ABCDA sejajar dengan bidang lingkaran kecil EFGHE. Selanjutnya diperoleh

- a) $KF \parallel$ (sejajar) OB karena terletak pada satu bidang PFBQP
- b) $KG \parallel OC$ karena terletak pada satu bidang PGCQP
- c) Sudut $BOC =$ sudut FKG (akibat 1 dan 2)
- d) $OB = OF = R$
- e) $KF = R \sin \theta$
- f) busur $BC = OB$. Sudut $BOC = R \varphi$
- g) busur $FG = KF$. Sudut $FKG = BC \sin \theta$

2) Segitiga bola

Untuk memudahkan tentang segitiga bola perhatikan gambar berikut:

Gambar 2.22 Segitiga bola



Titik A, B, dan C pada permukaan bola sekaligus menyatakan sudut yaitu sudut A (sudut CAB), B (sudut ABC), dan C (sudut BCA) di depan ketiga sudut ini terdapat busur a, b, dan c.

- a) Panjang $OA = OB = OC =$ jari – jari lingkaran R
- b) Sudut antara OB dan OC = sudut $BOC = \alpha$
- c) Sudut antara OA dan OC = sudut $AOC = \beta$
- d) Sudut antara OA dan OB = sudut $BOC = \gamma$, sehingga
- e) $a = R\alpha$
- f) $b = R\beta$
- g) $c = R\gamma$
- h) Jika $R = 1$, maka $a = \alpha$, $b = \beta$, dan $c = \gamma$

Berdasarkan hal di atas maka segitiga bola yaitu sebuah segitiga yang sisi-sinya merupakan lingkaran besar.

3) Aturan kosinus dalam segitiga bola

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

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

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

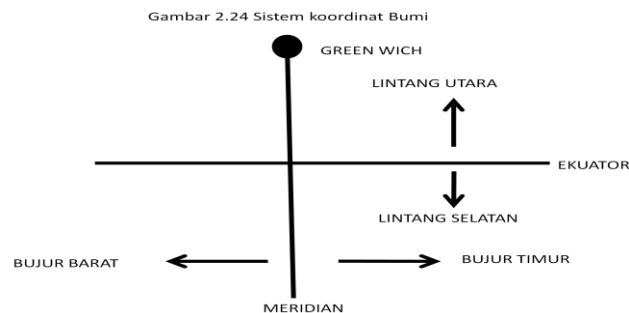
4) Aturan sinus dalam segitiga bola

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

3. Astronomi

Sebagaimana matematika dalam mendiskripsikan letak atau posisi digunakan sistem koordianat, di Bumi posisi suatu tempat juga menggunakan sistem koordinat. Secara sederhana sgunakan sistem koordinat. Secara sederhana sistem koordianat bumi dalam bidang datar

dapat digambarkan sebagai berikut sistem koordinat bumi dalam bidang datar dapat digambarkan sebagai berikut ini:



Dalam sistem koordinat bumi, sumbu x yang ada dalam sistem koordinat kartesius digantikan dengan garis ekuator, sedangkan sumbu Y digantikan dengan garis meridian.

Garis ekuator adalah garis yang posisinya tepat di tengah-tengah antara kutub utara dan kutub selatan, sehingga garis ekuator ini membagi bumi dalam dua belahan bumi yaitu belahan bumi utara dan belahan bumi selatan (Hamabali,2013:12) Selain itu, garis ekuator (khatulistiwa) merupakan garis acuan lintang (ϕ), sehingga dengan demikian bumi yang berada di belahan utara disebut dengan lintang utara dan bertanda positif. sedangkan bumi yang berada di belahan selatan disebut dengan lintang selatan dengan tanda negatif. sedangkan kutub Selatan. Seluruh lintang di permukaan bumi antara -90 hingga 90 (Anugraha,2012:28),

Garis meridian adalah garis yang melalui sumbu atau poros bumi dan membelah bumi menjadi dua bagian yaitu bagian barat dan bagianb timur. Garis meridian yang menjadi acuan bujur (λ) yaitu garis meridian yang melewati kota Greenwich di London, Inggris. Sehingga, garis meridian (bujur) yang berada di barat meridian tersebut disebut dengan Bujur barat, sedangkan yang berada di timurnya disebut dengan bujur timur. bujur

timur bernilai positif dan bujur barat bernilai negatif. (Catatan: ada sejumlah literatur yang menulis sebaliknya, bujur barat bernilai positif, seperti *Astronomical Algorithm* karya Jean Meeus) (Anugraha,2012:27)

Seluruh bujur permukaan bumi dibagi ke dalam 360 derajat, yaitu dari – 180 hingga 180.

Selain itu, dalam sistem koordinat bumi, satuan koordinat yang dipakai yaitu derajat. Satu derajat = 60 menit busur (arcminute) = 3600 detik busur (arcsecond). Seringkali menit busur dan detik busur cukup disebut menit dan detik saja. Namun demikian harap dibedakan dengan menit dan detik sebagai satuan waktu (Anugraha,2012:27)

Sehingga dengan demikian, letak suatu tempat di bumi selalu dituliskan dengan dua buah koordinat yaitu lintang dan bujur. Contoh: Yogyakarta diketahui memiliki lintang tempat : $-7^{\circ}48'$ LS (lintang selatan) dan bujur tempat : $110^{\circ}21'$ BT (bujur timur).

I. Biografi Susiknan Azhari

Biografi Susiknan Azhari sebagaimana jelaskan oleh Azhari (2007 250-251) yaitu sebagai berikut:

Susiknan Azhari, lahir di Blimbing, Lamongan, Jawa Timur pada tanggal 11 Juni 1968/15 Rabi'ul Awal 1388 H, adalah staf pengajar di fakultas Syari'ah UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Gelar Sarjana (1992) diperoleh dari fakultas yang sama. Menyelesaikan S-2 di Pascasarjana UIN Sunan Kalijaga (1997). Program doktor telah diselesaikan dan lulus dengan predikat *Comlaude*. Setelah Muktamar Muhammadiyah ke-45 di Malang, diberi amanat menjadi wakil sekretaris Majelis Tarjih dan Tajdid Pimpinan Pusat Muhammadiyah (2005-2010). Pernah mengikuti pelatihan hisab-rukyat tingkat ASEAN (MABIMS) di ITB dan Malaysia. Melakukan penelitian tentang penentuan awal bulan kamariah di Saudi Arabia, Mesir, Malaysia, dan Singapura. Anggota *Islamict's Observation Project* di Yordan, anggota Badan Hisab Rukyat Departemen Agama RI, dan anggota *International Sidewalk Astronomy Night* (ISAN).

Selain menekuni pekerjaan sebagai dosen, Ia kini duduk sebagai pengelola *Journal of Islamic Studies* “Al-Jami’ah” dan jurnal *Tarjih*. Tulisan-tulisannya telah dipublikasikan di berbagai media massa dan jurnal, diantaranya *Sriwijaya Post*, *Bali Post*, *Republika*, *Suara Muhammadiyah*, *Jurnal Mimbar Hukum (Jakarta)*, *Al-Jami’ah (Yogyakarta)*, *Profetika (Solo)*, *Ihya’ Ulumuddin (Malang)*. Bukunya yang telah diterbitkan adalah *Ilmu Falak Teori Dan Praktek* (Lazuardi, 2011), *Pembaharuan Pemikiran Hisab Di Indonesia* (Pustaka Pelajar, 2002), *Ensiklopedi Hisab Rukyat (Pustaka Pelajar, 2005)*, *Hisab & Rukyat Wacana Membangun Kebersamaan Di Tengah Perbedaan* (Pustaka Pelajar, 2007), *Antologi Studi Islam* (Editor), *Pemikiran Islam Kontemporer* (Kontributor) dan *Manhaj Tarjih Muhammadiyah* (Editor).

Untuk menjalin komunikasi beliau bisa dihubungi di no HP 085868606911.

Selain itu Susiknan Azhari bisa diajak berkomunikasi di dunia maya di Musium Astronomi.

J. Rumus-Rumus Perhitungan Arah Kiblat

1. Rumus cosinus dan sinus (Azhari,2008:32-33)

Rumus cosinus dan sinus di definisikan sebagai berikut:

$$\text{Cotan B} = \frac{\text{ctg } b \sin a + \cos a \cos C}{\sin C}$$

Atau

$$\text{Cotan B} = \frac{\text{ctg } b \sin a}{\sin C} - \cos a \text{ ctg } C$$

Dimana⁴,

B : Sudut arah kiblat untuk daerah di timur ka’bah

C : Selisih bujur tempat dengan bujur ka’bah

a : Busur ($90^0 - \phi$)

B : Busur ($90^0 - \phi k$)

ϕ : Lintang tempat pengamat, dengan ketentuan $\phi < 0^0$ (negatif) untuk selaatan ekuator, $\phi = 0^0$ untuk ekuator, $\phi > 0^0$ (positif) untuk utara ekuator

ϕk : Lintang ka’bah

⁴ Keterangan ini diambil sesuai dengan apa yang tertulis daalm buku *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam Dan Sains Modern*.

2. Menggunakan analogi Napier (Azhari,2008:33)

Analaogi napier didefinisikan sebagai berikut:

$$\mathbf{Tan} \frac{1}{2} (\mathbf{A} + \mathbf{B}) = \frac{\cos \frac{1}{2}(a-b)}{\cos \frac{1}{2}(a+b)} \mathbf{cotan} \frac{1}{2} \mathbf{C}$$

$$\mathbf{Tan} \frac{1}{2} (\mathbf{A} - \mathbf{B}) = \frac{\sin \frac{1}{2}(a-b)}{\sin \frac{1}{2}(a+b)} \mathbf{cotan} \frac{1}{2} \mathbf{C}$$

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

Dimana, B adalah arah kiblat dari utara ke barat.

Dengan ketentuan⁵

a. Tempat di timur ka'bah

Dimana,

B : Sudut arah kiblat untuk daerah di timur ka'bah

C : Selisih bujur tempat dengan bujur ka'bah

a : Busur $(90^0 - \phi)$

b : Busur $(90^0 - \phi k)$

ϕ : Lintang tempat pengamat, dengan ketentuan $\phi < 0^0$ (negatif) untuk selaatan ekuator, $\phi = 0^0$ untuk ekuator, $\phi > 0^0$ (positif) untuk utara ekuator

ϕk : Lintang ka'bah

b. Tempat di barat ka'bah

Dimana,

B : Sudut arah kiblat untuk daerah di timur ka'bah

C : Selisih bujur tempat dengan bujur ka'bah

a : Busur $(90^0 - \phi)$

b : Busur $(90^0 - \phi k)$

ϕ : Lintang tempat pengamat, dengan ketentuan $\phi < 0^0$ (negatif) untuk selaatan ekuator, $\phi = 0^0$ untuk ekuator, $\phi > 0^0$ (positif) untuk utara ekuator

ϕk : Lintang ka'bah

⁵ Ketentuan-ketentuan ini juga sesuai dengan apa yang tertulis dalam buku *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam Dan Sains Modern*.

3. Menggunakan Rumus Coxinus Dan Sudut Bantu (Azhari,2008:34)

Rumus sudut bantu yang di definisikan

$$\tan P = \tan b \cos C$$

$$\cotan B = \frac{\cotan C \sin (a-P)}{\sin P}$$

4. *Haversine*

Rumus haversine didefinisikan

$$\text{Hav} = \text{hav} (a - b) + \sin a \sin b \text{hav} C$$

$$S = \frac{1}{2} (a+b+c)$$

$$\text{Hav} B = \sin (s-a) \sin (s-c) \text{cossec} a \text{cossec} C$$

K. Analisis Rumus Perhitungan Arah Kiblat

1. Analisis Rumus-Rumus Perhitungan Arah Kiblat

Setelah dilakukan analisa dengan kaidah-kaidah matematika seperti aturan aljabar serta sifat-sifat dalam trigonometri diperoleh bahwa rumus-rumus tersebut memiliki satu akar yaitu aturan cosinus dalam segitigabola, namun untuk memahami perbedaan asal-asul rumus-rumus tersebut dapat dilihat dalam tabel berikut:

No	Rumus Perhitungan Arah Kiblat	Akar Rumus	Penolong/Pembantu
1	Rumus Cosinus dan sinus	Aturan cosinus dalam segitiga bola	Operasi aljabar dalam Aturan cosinus dalam segitiga bola
2	Rumus Analogi Napier		Berangkat dari segitiga bola kutub
3	Rumus Cosinus Dan Sudut Bantu		Adanya garis pembantu dalam segitiga bola
4	Rumus <i>Haversine</i>		Berangkat dari persamaan $\text{Hav} \alpha = \frac{1}{2} (1 - \cos \alpha)$

2. Bentuk-Bentuka Lain Dari Rumus-Rumus Perhitungan Arah Kiblat

Setelah dilakukan analisa dengan kaidah-kaidah matematika seperti aturan aljabar serta sifat-sifat dalam trigonometri diperoleh bahwa rumus-rumus tersebut memiliki bentuk-bentuk lain yang lebih mudah untuk dioperasikan dengan kalkulator. Bentuk-bentuk lain tersebut yaitu sebagai berikut:

a) Rumus Cosinus dan sinus

$$\tan B = \frac{\sin C}{\cos \phi_B \tan \phi_A - \sin \phi_B \cos C}$$

b) Rumus Analogi Napier

Rumus tersebut merupakan yang paling *simple* sehingga dalam penelitian ini tidak ditemukan bentuk lain, namun dalam penelitian ini disajikan lembar kerja perhitungan arah kiblat dengan menggunakan rumus analogi *Napier* untuk mempermudah perhitungan sebagaimana terlampir.

c) Rumus Cosinus Dan Sudut Bantu

$$\tan P = \tan b \cos C$$

$$\tan B = \frac{\tan C \sin P}{\sin (a-P)}$$

d) Rumus *Haversine*

$$\cos c = 1 - ((1 - \cos (a - b)) + \sin a \sin b (1 - \cos C))$$

$$S = \frac{1}{2} (a + b + c)$$

$$\cos B = 1 - \left(2 \left((\sin (s - c) \sin (s - a)) : (\sin a \sin c) \right) \right)$$

3. Contoh Hasil Perhitungan

Dalam melakukan perhitungan arah kiblat dengan maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, sebagaimana dijelaskan Hambali (2011: 183) tentang ketentuan bujur tempat yang akan dihitung (λ_A) yaitu

- a) Jika (λ_A) < $39^0 49' 34.33''$ BT maka $C = 39^0 49' 34.33'' - \lambda_A$
dengan arah kiblat menghadap kearah Timur
- b) Jika (λ_A) > $39^0 49' 34.33''$ BT maka $C = \lambda_A - 39^0 49' 34.33''$
dengan arah kiblat menghadap kearah barat
- c) Jika (λ_A) < $140^0 10' 25.06''$ BB maka $C = \lambda_A + 39^0 49' 34.33''$
dengan arah kiblat menghadap kearah Timur
- d) Jika (λ_A) > $140^0 10' 25.06''$ BB maka $C = 360^0 - \lambda_A - 39^0 49' 34.33''$ dengan arah kiblat menghadap kearah Barat.

Berdasarkan empat kemungkinan arah kiblat tersebut dan selanjutnya direlasikan dengan kemungkinan posisi tempat di Bumi, maka akan memiliki delapan kemungkinan arah kiblat yaitu

- a) Tempat yang berada di utara ka'bah tapi bujurannya berada pada kategori satu maka arah kiblatnya menghadap selatan timur
- b) Tempat yang berada di selatan ka'bah tapi bujurannya berada pada kategori satu maka arah kiblatnya menghadap utara timur
- c) Tempat yang berada di utara ka'bah tapi bujurannya berada pada kategori dua maka arah kiblatnya menghadap selatan barat
- d) Tempat yang berada di selatan ka'bah tapi bujurannya berada pada kategori dua maka arah kiblatnya menghadap utara barat

- e) Tempat yang berada di utara ka'bah tapi bujuurnya berada pada kategori tiga maka arah kiblatnya menghadap selatan timur
- f) Tempat yang berada di selatan ka'bah tapi bujuurnya berada pada kategori tiga maka arah kiblatnya menghadap utara timur
- g) Tempat yang berada di utara ka'bah tapi bujuurnya berada pada kategori dua maka arah kiblatnya menghadap selatan barat
- h) Tempat yang berada di selatan ka'bah tapi bujuurnya berada pada kategori dua maka arah kiblatnya menghadap utara barat

Delapan hal ini yang melatarbelakangi ada delapan contoh perhitungan dengan setiap contoh dihitung dengan empat rumus perhitungan arah kiblat, sehingga nanti jumlah secara keseluruhan ada 32 perhitungan.

Adapun contoh tempat perhitungan arah kiblat tersebut yaitu:

No	Nama kota	Letak geografis	
		Lintang	Bujur
1	Athena	37° 45' LU	23° 20' BT
2	Angola	-12° 00' LS	18° 00' BT
3	Basra	30° 34' LU	47° 50' BT
4	Yogya	-7° 48' LS	110° 21' BT
5	Madrid	40° 25' LU	03° 40' BB
6	Santiago	34° 00' LS	70° 25' BB
7	Cordova	60° 10' LU	145° 50' BB
8	Tahiti	-15° 40' LS	150° 00' BB

Setelah dilakukan perhitungan dengan keempat rumus tersebut, maka didapatkan hasil perhitungan sebagaimana berikut:

No	Nama Kota	Hasil Perhitungan				Ket
		Rumus cosinus dan sinus	Analogi <i>Napier</i>	Sudut bantu	<i>Haversine</i>	
1	Athena	-45° 43' 29.78"	134° 16' 30.2"	- 45° 43' 29.78"	134° 16' 30.1"	Selatan Timur
2	Angola	32° 48' 20.5"	32° 48' 20.47"	32° 48' 20.47"	32° 48' 20.47"	Utara Timur
3	Basra	-40° 2' 34.11"	139° 57' 25.7"	-40° 2' 34.23"	139° 57' 25.7"	Selatan barat

4	Yogya	65° 16' 58.93"	65° 16' 58.94"	65° 16' 58.94"	65° 16' 58.94"	Utara barat
5	Madrid	-75° 59' 52.27"	104° 0' 8.87"	-75° 59' 52.27"	104° 0' 7.72"	Selatan timur
6	Santiago	82° 0' 14.88"	-97° 59' 45.1"	82° 0' 14.88"	82° 0' 14.88"	Utara timur
7	Cordova	5° 19' 22.98"	5° 19' 22.98"	5° 19' 22.98"	5° 19' 23.03"	Selatan barat
8	Tahiti	56° 47' 45.64"	56° 47' 45.64"	56° 47' 45.64"	56° 47' 45.64"	Utara barat

L. Penutup

1. Kesimpulan

- a. Rumus-rumus perhitungan arah kiblat memiliki akar rumus yang sama yaitu aturan cosinus dalam segitiga bola
- b. Hasil perhitungan arah kiblat dengan menggunakan keempat rumus tersebut akan memenuhi beberapa kemungkinan yaitu
 - 1) Hasil perhitungan keempat rumus tersebut menghasilkan hasil perhitungan yang sama.
 - 2) Hasil perhitungan arah kiblat dengan menggunakan rumus cosinus dan sinus selalu sama dengan hasil perhitungan arah kiblat dengan menggunakan sudut bantu,
 - 3) Hasil perhitungan arah kiblat dengan analogi *Napier* jika direlasikan dengan rumus perhitungan arah kiblat dengan *haversine* akan menghasilkan dua kemungkinan yaitu sama dan kadangkala tidak sama.
 - 4) Jika hasil perhitungan arah kiblat dengan menggunakan aturan cosinus dan sinus serta sudut bantu, hasilnya beda dengan menggunakan analogi *Napier* dan *haversine* maka ada kemungkinan hasil perhitungan arah kiblat dengan

menggunakan analogi *Napier* dan *haversine* hasilnya sama dengan azimuth kiblat rumus perhitungan arah kiblat dengan menggunakan aturan cosinus dan sinus serta sudut bantu.

2. Temuan

Rumus perhitungan arah kiblat dalam buku *Ilmu Falak Perjumpaan Kahzannah Islam dan Sains Modern* yang meliputi rumus rumus cosinus dan sinus, rumus analogi *Napier*, rumus sudut bantu, dan rumus *haversine* memiliki bentuk-bentuk lain yang lebih mudah dioperasikan dengan kalkulator.

3. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan penulis, maka menurut penulis masih ada beberapa hal yang perlu untuk ditindak lanjuti antar lain:

- a) Perlu adanya batasan yang jelas tentang kondisi rumus tersebut dapat digunakan.
- b) Perlu adanya penelitian tentang faktor-faktor yang mempengaruhi hasil perhitungan tersebut menyebabkan tidak menghasilkan hasil perhitungan yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

Buku dan Jurnal

- Alkalali, Asad M, 1981, *Kamus Indonesia Arab*, Jakarta: Bulan Bintang.
- Alvin K. Bettinger & John A. Englund, 1963, *Algebra and Trigonometry*, USA: The Haddon Craftsmen INC,
- Andiriyani, Melly, *Matematika Sebagai Bahasa*, At-Tarbawi Vol VII No 1 tahun 2008
- Anugraha, Rinto, 2012, *Mekanika Benda Langit*, Yogyakarta: Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Gajah Mada.
- Azhari, Susiknan, 2007, *Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*, Yogyakarta: Suara Muhammadiyah.
- Barlow and Bryan, 1900, *Elementery Mathematical Astronomy*, London: W, B. Clive.
- _____, 1946, *Elementery Mathematical Astronomy*, London. University tutorial press ltd.
- Brenke, William C, 1943, *Plane and Spherical Trigonometry*, USA: THE DRYDEN PRESS
- Departemen Agama RI, 2005, *Al-Qur'an dan terjemahnya*, Bandung: JUMĀNATUL 'ALĪ-ART
- Federal editorial Board. *Mathematics Enrichment Questions IA*. Hongkong: Allion printing.
- Hambali, Slamet, 2011, *Ilmu Falak*, Semarang: Program pascasarjana IAIN Walisongo Semarang
- Ilyas, Mohammad, 1984, *A Modern Guide To Astronomicalk Calculations Of Islamic Calender Times & Qibla*, Kuala lumpur: Art printing works sdn bhd.
- Izzudin, Ahmad, 2012, *Kajian Terhadap Metode-metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*. Jakarta: Kementerian Agama Republik Indonesia
- Jamil, A., 2009, *Ilmu Falak (Teori dan Aplikasi)*, Jakarta: AMZAH
- Johnson, Rob, *Spherical Trigonometry*, West hills instintute of mathematics. Tanpa tahun terbit
- Khaldun, Ibn, 2005, *Muqaddimah Ibnu Khaldun*, Iskandariah: Daarul Baidhu'.
- Khazin, Muhyidin, 2004, *Ilmu Falak ; Dalam Teori dan Praktik*, Yogyakarta: Buana Pustaka.
- Kusdiono, 2002, *Ilmu Ukur Segitiga Bola*, Bandung: Jurusan teknik geodesi, Institut Teknologi Bandung.
- Majelis Tarjih dan Tajdid Pimpinan Pusat Muhammadiyah, 2009, *Pedoman Hisab Muhammadiyah*, Yogyakarta: Majelis Tarjih dan Tajdid Pimpinan Pusat Muhammadiyah
- Maskufa, 2009, *Ilmu Falaq*, Jakarta: Gaung Persada Press.
- Mega, Teguh, 2004, *Trigonometri*, Jakarta: Dirjen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional.

- Moleong, Lexy J, 2005, *Metodologi Penelitian Kualitatif*, Bandung: PT Remaja Rosdakarya
- Murray, Daniel A., 1899, *Plane Trigonometry*, New York: Longmans, green, and co.
- _____, 1908, *spherical trigometry*, New York: Longmans, Green, And Co.
- Negoro dan Harahap, 2005, *Ensiklopedi Matematika*, Bogor: Penerbit Ghalia Indonesia.
- Shodiq, Sriyatin, 1994, *Ilmu Falak 1*, Surabaya: Fakultas syari'ah Universitas Muhammadiyah Surabaya
- Smart, 1997, *Text Book On Spherical Astronomy*, Cambride: Cambridge University Press
- Suryana, 2010, *Metodologi Penelitian*, Bogor: Universitas Pendidikan Indonesia
- Thodhunter , I., 1886, *Spherical Trigonometry*, London: Macmillan and co.

Makalah

- Purwanto, Agus, 2011, "Penentuan arah Kiblat", makalah *Pelatihan Hisab Falak*, di PWM Jatim, tanggal 10 Juli 2011
- _____, 2012, "Makalah Falak", makalah *Pelatihan Hisab Falak*, di PWM Jatim, tanggal 17 Juli 2011
- Wijaya, Aryadi, (2009) *Matematika Astronomi: Bagaimana Matematika Mempelajari Alam*. Makalah pada *Seminar Nasional MIPA*, di Universitas Negeri Yogyakarta, tanggal 16 Mei 2009.

Internet

- Ayuasnantia, *Area Matematika sejarah Matematika*.
<http://ayuasnantia.student.umm.ac.id/artikel-pendidikan/>
- Dhillon, Vik, *Spherical Trigonometry*, Sheffield universty-UK. Spherical trigonometry.
http://www.shef.ac.uk/uni/academi/N-Q/phys/people/vdhillon/teching/phy105_sphergeon.html

Lampiran

Lembar Kerja Perhitungan Arah Kiblat Dengan Menggunakan Analogi Napier

$$\text{Data Lintang } (\phi_A) : (1) \quad \text{Data Lintang } (\phi_B) : (3)$$

$$\text{Ka'bah Bujur } (\lambda_A) : (2) \quad \text{Kota Bujur } (\lambda_B) : (4)$$

$$\begin{aligned} A & : 90^0 - (3) & b & : 90^0 - (1) \\ & : \dots\dots\dots(5) & & : \dots\dots\dots(6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C & : (2) - (4) & \frac{1}{2} C & : \frac{1}{2} (7) \\ & : \dots\dots\dots(7) & & : \dots\dots\dots(8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a - b & : (5) - (6) & a + b & : (5) + (6) \\ & : \dots\dots\dots(9) & & : \dots\dots\dots(10) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} (a - b) & : \frac{1}{2} (9) & \frac{1}{2} (a + b) & : \frac{1}{2} (10) \\ & : \dots\dots\dots(11) & & : \dots\dots\dots(12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tan } \frac{1}{2} (A + B) & : \frac{\cos \frac{1}{2}(a-b)}{\cos \frac{1}{2}(a+b)} \text{cottan } \frac{1}{2} C & \text{Tan } \frac{1}{2} (A - B) & : \frac{\sin \frac{1}{2}(a-b)}{\sin \frac{1}{2}(a+b)} \text{cottan } \frac{1}{2} C \\ & : \frac{\cos (11)}{\cos (12)} \text{cottan } (8) & & : \frac{\sin (11)}{\sin (12)} \text{cottan } (8) \\ & : \frac{\cos (11)}{\cos (12) \tan (8)} & & : \frac{\sin (11)}{\sin (12) \tan (8)} \\ & : \dots\dots\dots(13) & & : \dots\dots\dots(14) \end{aligned}$$

Cara pijet kalkulator shift tan (cos (11) : (cos (12) tan (8))=shift o,.. Cara pijet kalkulator shift tan (sin (11) : (sin (12) tan (8))=shift o,..

$$\begin{aligned} \text{Arah kiblat (B)} & : (13) - (14) \\ & : \dots\dots\dots \end{aligned}$$