

**PENERAPAN ALGORITMA JEAN MEEUS
DALAM PENGUKURAN ARAH KIBLAT
DENGAN THEODOLITE**



SINOPSIS

**Diajukan Sebagai Persyaratan untuk
Memperoleh Gelar Magister Ilmu Falak**

Oleh :

Farid Wajdi

NIM : 105112060

**PROGRAM MAGISTER
INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI
IAIN WALISONGO
2012**

ABSTRAK

Penerapan Algoritma Jean Meeus dalam Pengukuran Arah Kiblat Dengan Theodolite

Kiblat merupakan arah yang dituju oleh umat Islam dalam melakukan ibadah khususnya shalat yakni menghadap kearah Ka'bah di Masjidil Haram, hal ini berdasarkan dalil Al-qur'an; Al-Baqarah : 148-150

Jika kita tinjau dalil diatas maka menghadap kiblat dalam melaksanakan shalat adalah wajib sehingga tidak sah shalat seseorang jika tidak menghadap kiblat, namun bagaimanakah cara mengetahui arah kiblat yang tepat bagi orang-orang yang berada jauh dari Makkah terutama yang berada di Indonesia.

Permasalahan yang sering terjadi adalah banyaknya masjid yang arah kiblatnya tidak sesuai atau tidak akurat menghadap ke ka'bah, hal ini disebabkan karena banyak umat islam yang tidak memahami betul di mana letak arah kiblat tersebut dan tidak mengerti urgensinya arah kiblat sehingga menyebabkan perlunya perubahan besar-besaran untuk perbaikan arah kiblat bahkan pemerintahpun turun tangan dengan munculnya fatwa MUI No.5 Tahun 2010 tentang koreksi arah kiblat.

Ijtihad pengukuran arah kiblat sudah lama dilakukan oleh umat Islam baik dengan menggunakan metode klasik sampai astronomi modern yang menggunakan berbagai macam alat seperti Rubu' Mujayyab, Sundial, dan Theodolite dengan Ephemeris dan lain-lain.

Dalam astronomi modern, theodolite yang dikolaborasikan dengan ephemeris sering dipakai dalam pengukuran arah kiblat, namun pada prakteknya tidak jarang membutuhkan waktu yang cukup lama dalam pengukuran arah kiblat secara manual, hal ini disebabkan hal yang lumrah yaitu kesalahan manusiawi, kesalahan yang terjadi dalam perhitungan secara manual seringkali membuat para praktisi falak harus kerja dua kali demi memastikan kebenaran akurasi hasil perhitungannya, oleh karena itu dalam penelitian kali ini penulis ingin menganalisa pendekatan astronomi modern dalam pengukuran arah kiblat dengan algoritma Jean Meeus yang dikolaborasikan dengan theodolite karena memiliki tingkat koreksi akurasi yang sangat tinggi.

Dalam merumuskan penelitian ini penulis akan menggunakan metodologi penelitian kualitatif dengan mengkaji data-data yang klasik maupun modern, penelitian ini selain memaparkan teori-teori tertulis juga akan disajikan melalui program aplikasi dalam bentuk software, pembuatan software aplikasi ini dipilih demi mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh human error seperti di atas, juga agar dapat membuat para praktisi falak menggunakan waktu lebih cepat dibandingkan perhitungan secara manual agar lebih efisien dan efektif sehingga mempermudah dalam pembuktiannya dan dapat menjadi sumbangsih bagi pemerhati ilmu falak selanjutnya.

Kata Kunci : Arah Kiblat, Astronomi Modern, Metode Jean Meeus, Theodolite.

A. Latar Belakang masalah

Arah kiblat merupakan arah yang dituju oleh umat Islam dalam melaksanakan ibadah khususnya shalat, yaitu menghadap ke arah ka'bah di Masjidil Haram.

Kata ***Arah Kiblat***, terdiri dari dua kata yaitu. kata *arah* berarti jurusan, tujuan dan maksudⁱ, yang lain memberi arti jarak terdekat yang diukur melalui lingkaran besar pada permukaan bumiⁱⁱ, dan yang lain artinya *jibad*, *syathrab* dan azimuthⁱⁱⁱ, sedangkan kata *Kiblat* berarti Ka'bah yang terletak di dalam Masjidil Haram kota Mekah. Para ulama sepakat menghadap ke *arah kiblat* merupakan syarat sahnya shalat, maka kaum muslimin wajib menghadap ke arah kiblat dalam melakukan ibadah shalat. Dengan demikian *arah kiblat* adalah suatu arah (kiblat di Mekah) yang wajib dituju oleh umat Islam ketika ibadah shalat.

Pada hakikatnya kiblat adalah suatu arah yang menyatukan arah segenap umat Islam dalam melaksanakan shalat, tetapi titik arah itu sendiri bukanlah obyek yang disembah oleh umat Islam dalam melaksanakan shalat. Yang menjadi objek yang dituju oleh umat Islam dalam melaksanakan shalat itu tidak lain hanyalah Allah SWT^{iv}. dengan demikian umat Islam bukan menyembah Ka'bah, tetapi menyembah Allah SWT.

Dari paparan di atas jelas bahwa sangatlah penting untuk mengetahui arah kiblat dengan benar. Di dalam kitab-kitab fiqih disebutkan bahwa menghadap kiblat merupakan salah satu syarat sahnya shalat. Hal ini sesuai dengan sabda Nabi Muhammad SAW :

حَدَّثَنَا إِسْحَاقُ بْنُ مَنْصُورٍ أَخْبَرَنَا عَبْدُ اللَّهِ بْنُ نُمَيْرٍ حَدَّثَنَا عُيَيْنُ اللَّهِ عَنْ سَعِيدِ بْنِ أَبِي سَعِيدٍ الْمَقْبُرِيِّ عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ إِذَا قُمْتَ إِلَى الصَّلَاةِ فَاسْبِغِ الوُضُوءَ ثُمَّ اسْتَقْبِلِ الْقِبْلَةَ فَكَبِّرْ

Ishaq bin Mansyur menceritakan kepada kita, Abdullah bin Umar menceritakan kepada kita, Ubaidullah menceritakan dari Sa'id bin Abi Sa'id al-Maqburiyi Dari Abi Hurairah r.a berkata Rasulullah SAW. bersabda : “ Bila kamu hendak shalat maka sempurnakanlah wudlu lalu menghadap kiblat kemudian bertakbirlah_“ .

Mengetahui arah kiblat sama dengan mengetahui azimuth kiblat di permukaan bumi. Arah dalam bahasa arab disebut *jibab* atau *syatrah*, sedangkan dalam bahasa latin disebut *azimuth*. Slamet Hambali memberikan definisi arah kiblat yaitu arah yang menuju ke Ka'bah yang berada di Masjidil Haram (Mekah), dalam hal dimana seorang muslim wajib menghadapkan mukanya tatkala ia mendirikan shalat^{vi}Maka, tidak sah shalatnya orang yang berada dekat Ka'bah kecuali dengan menghadap Ka'bah, sedangkan orang yang jauh dari Ka'bah cukup berijtihad untuk menghadap ke arah Ka'bah. Ini berarti bahwa kewajiban menghadap kiblat itu berlaku untuk semua umat Islam di manapun mereka berada. Letak Ka'bah seperti yang tercantum dalam buku Pedoman Penentuan Arah Kiblat terbitan Departemen Agama adalah 21°25' LU dan 39°50' BB^{vii}, dan secara lebih detail yaitu 39°49'34,56" BB dan 21°25'21,17" (Izzudin, 2010 :34), juga dalam google earth tepat terlihat pada tengah-tengah ka'bah yaitu pada koordinat 39° 49' 34,34" BB dan 21° 25' 21"LU.

Dari pengamatan yang dilakukan oleh Ditbinpera Islam (Depag, 1994/1995), arah kiblat masjid-masjid yang tersebar di masyarakat satu sama lain masih ada perbedaan-perbedaan yang mencapai 20° bahkan lebih. Deviasi atau penyimpangan arah kiblat yang paling banyak dijumpai adalah sebesar 25 derajat yakni tepat mengarah ke barat.

Arah kiblat ke barat yang diyakini oleh umat Islam Indonesia karena masyarakat Indonesia pada umumnya menganggap bahwa Indonesia terletak disebelah timur Mekkah, meskipun sebenarnya agak ke tenggara, sehingga permasalahan yang terjadi adalah banyaknya masjid yang arah kiblatnya tidak sesuai atau tidak akurat menghadap ke ka'bah. Hal ini menyebabkan perlunya perombakan besar-besaran untuk memperbaiki arah kiblat bahkan pemerintahpun turun tangan dengan munculnya fatwa MUI No.5 Tahun 2010 tentang koreksi arah kiblat.

Berbagai macam cara penentuan arah kiblat telah lama dilakukan, perkembangan teknologi penentuan arah kiblat juga dapat dilihat pula dari alat-alat yang dipergunakan untuk mengukurnya, seperti *miqyas*, *tongkat istiva'*, *rubu' mujayyab*, *google earth*, *kompas*, dan *theodolite*. Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan, perhitungan arah kiblat tidak lagi dilakukan secara manual, namun sudah dapat dengan mudah dilakukan dengan peralatan komputer, antara lain dengan algoritma Jean Meeus, Brown dan lain sebagainya.

Jean Meeus¹ memiliki ide dengan menyederhanakan algoritma VSOP87 tanpa merusak tingkat akurasi yang terkenal sangat tinggi. Dalam hal ini Jean Meeus meringkas urutan algoritma VSOP87 yang demikian panjang dengan membuang

¹ Jean Meeus adalah seorang astronomer dari Belgia, ia lulus dari University of Leuven di Belgia, Jean Meeus ahli dalam bidang mekanika langit, salah satu temuannya adalah Astedroid 2213 Meeus, nama tersebut diambil dari namanya sendiri, dan sampai akhir hayatnya beliau mengabdikan diri sebagai seorang meteorologist di Airport Brussels (1953-1993).

perhitungan yang mencari nilai satuan detik di bawah nol, sehingga meskipun satuan perhitungan ini tidak dimasukan, maka tidak akan merubah keakuratan algoritma VSOP87 itu sendiri.

Dalam perkembangan pembelajaran ilmu falak, Ephemeris sering disandingkan dengan theodolite dalam pengukuran arah kiblat, dan penggunaan theodolite yang dikombinasikan dengan tabel ephemeris ini dapat menentukan arah kiblat dengan tingkat akurasi yang cukup signifikan. Namun sering kali terjadi kesalahan yang disebabkan karena human error, kesalahan dalam teknis perhitungan yang dilakukan secara manual tidak jarang memerlukan perhitungan yang diulang-ulang, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama dan tidak efisien. Oleh karenanya dibutuhkan sebuah metode yang dapat memperkecil kesalahan perhitungan yang disebabkan faktor human error tersebut.

Perkembangan komputer yang pesat diharapkan dapat mendukung pelaksanaan perhitungan arah kiblat dengan lebih baik, sedemikian rupa sehingga teknis yang dilakukan di lapangan dalam perhitungan arah kiblat dapat lebih efisien dan efektif. Dalam hal ini komputer ataupun teknologi bukanlah satu-satunya faktor yang dapat memecahkan masalah dalam hisab arah kiblat, teknologi komputer hanya merupakan alat bantu untuk memperkecil kesalahan-kesalahan manusiawi yang biasa terjadi^{viii}.

Dalam rangka memfokuskan pembahasan masalah di atas agar penelitian ini lebih terarah maka penulis merasa perlu membatasi masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimanakah konsep kiblat dalam perspektif fiqh dan astronomi?

2. Bagaimana akurasi yang diperoleh dari metode pengukuran arah kiblat menggunakan aplikasi program berbasis algoritma Jean Meeus dengan theodolite?

B. Kiblat

Slamet Hambali memberikan definisi arah kiblat yaitu arah yang menuju ke Ka'bah yang berada di Masjidil Haram (Mekah), dalam hal dimana seorang muslim wajib menghadapkan mukanya tatkala ia mendirikan shalat atau dibaringkan jenazahnya di liang lahat. Menurut beliau bahwa arah kiblat yaitu arah menuju ka'bah (Mekah) lewat jalur terdekat yang mana setiap muslim dalam mengerjakan shalat harus menghadap ke arah tersebut^{ix}. Sementara menurut Muhyiddin Khazin yang dimaksud kiblat adalah arah atau jarak terdekat sepanjang lingkaran besar yang melewati ke Ka'bah (Mekah) dengan tempat kota yang bersangkutan^x.

Masalah kiblat tiada lain adalah masalah arah, yakni arah Ka'bah di Mekah. Arah ka'bah ini ditentukan dari setiap titik atau tempat di permukaan Bumi dengan melakukan perhitungan dan pengukuran. Oleh sebab itu, perhitungan arah kiblat pada dasarnya adalah perhitungan yang dimaksudkan untuk mengetahui ke arah mana ka'bah di Mekah itu dilihat dari suatu tempat di permukaan Bumi ini, sehingga semua gerakan orang yang sedang melaksanakan shalat, baik ketika berdiri, ruku', maupun sujudnya selalu berimpit dengan arah yang menuju ka'bah^{xi}.

Dari berbagai definisi di atas dapat disimpulkan bahwa kiblat merupakan suatu arah atau jarak. Arah atau jarak yang dimaksud adalah arah atau jarak terdekat dari seseorang menuju Ka'bah dan setiap muslim wajib menghadap ke arahnya saat mengerjakan shalat.

Banyak ayat al-Quran yang menjelaskan tentang dasar hukum menghadap kiblat, diantaranya Surah al-Baqarah ayat 149 :

وَمِنْ حَيْثُ خَرَجْتَ فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ وَإِنَّهُ لَلْحَقُّ مِنْ رَبِّكَ
وَمَا اللَّهُ بِغَفِيلٍ عَمَّا تَعْمَلُونَ ﴿١٤٩﴾

Artinya :

"Dan dari mana saja engkau keluar (untuk mengerjakan shalat) hadapkanlah mukamu ke arah Masjidil Haram (Ka'bah). Sesungguhnya perintah berkiblat ke Ka'bah itu benar dari Allah (tuhannya) dan ingatlah Allah tidak sekali-kali lalai akan segala apa yang kamu lakukan".(QS. al-Baqarah:149)

dalam Surah al-Baqarah ayat 150:

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 ﴿١٥٠﴾

Artinya:

"Dan dari mana saja engkau keluar (untuk mengerjakan shalat) maka hadapkanlah mukamu ke arah Masjidil Haram (Ka'bah) dan dimana sahaja kamu berada maka hadapkanlah muka kamu ke arahnya, supaya tidak ada lagi sebarang alasan bagi orang yang menyalahi kamu, kecuali orang yang zalim diantara mereka (ada saja yang mereka jadikan alasannya). Maka janganlah kamu takut kepada cacat cela mereka dan takutlah kamu kepada-Ku semata-mata dan supaya Aku sempurnakan nikmat-Ku kepada kamu, dan juga supaya kamu beroleh petunjuk bidadayab (mengenai perkara yang benar)" QS. al-Baqarah :150)

Kedua ayat tersebut sebagai dasar menghadap ke arah kiblat dan memunculkan perbedaan diantara para mufassir. Pendapat pertama kiblat adalah Masjid al-Haram, pendapat kedua menentukan antara 'ain al-Ka'bah dengan arah kiblat^{xii}.

Hadis Berkaitan Arah Kiblat

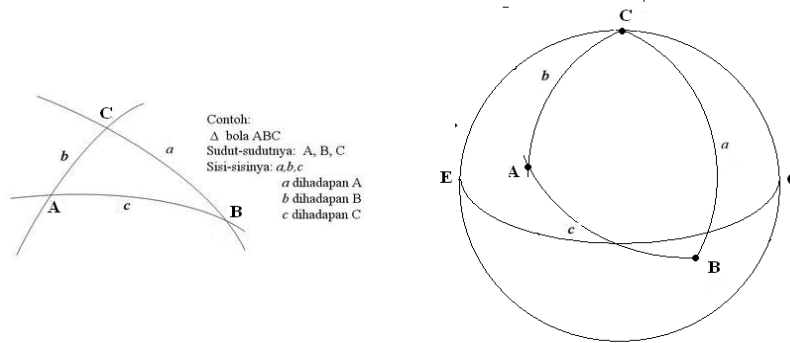
حَدَّثَنَا إِسْحَاقُ بْنُ مَنْصُورٍ أَخْبَرَنَا عَبْدُ اللَّهِ بْنُ نُمَيْرٍ حَدَّثَنَا عُبَيْدُ اللَّهِ عَنْ سَعِيدِ بْنِ أَبِي سَعِيدٍ الْمَقْبُرِيِّ عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ قَالَ قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ إِذَا قُمْتَ إِلَى الصَّلَاةِ فَاسْبِغِ الْوُضُوءَ ثُمَّ اسْتَقْبِلِ الْقِبْلَةَ فَكَبِّرْ (رواه البخاري)

Artinya :

Ishaq bin Mansyur menceritakan kepada kita, Abdullah bin Umar menceritakan kepada kita, Ubaidullah menceritakan dari Sa'id bin Abi Sa'id al-Maqburiyi Dari Abi Hurairah r.a berkata Rasulullah SAW. bersabda : “ Bila kamu hendak shalat maka sempurnakanlah wudlu lalu menghadap kiblat kemudian bertakbirlah “^{siii}

Dalam istilah ilmu falak sering kali kita mendengar kata azimuth dan arah kiblat, keduanya memang nampak berbeda dalam definisi, namun sebenarnya antara azimuth dan arah memiliki tujuan yang sama yaitu tetap menuju ke ka'bah di dalam Masjidil Haram.

Arah kota Mekah yang di dalamnya terdapat Ka'bah dapat diketahui dari setiap titik di permukaan bumi ini berada pada permukaan bola bumi, maka untuk menentukan arah kiblat dapat dilakukan dengan menggunakan Ilmu Ukur Segitiga Bola (*Spherical Trigonometry*) seperti pada gambar 1. Penghitungan dan pengukurannya dilakukan dengan derajat sudut dari titik kutub utara, dengan menggunakan alat bantu kalkulator.



Gambar 1
Segitiga pada Permukaan Bola

Untuk menentukan azimuth kiblat ini diperlukan beberapa data, antara lain lintang dan bujur tempat yang ingin dihitung arah kiblatnya juga lintang dan bujur ka'bah, Besarnya data Lintang Mekah berdasarkan google earth adalah $21^{\circ} 25'21,04''$ LU dan Bujur Ka'bah adalah $39^{\circ} 49'34,33''$ BT. Rumus yang digunakan dalam menentukan arah kiblat yaitu bisa menggunakan rumus :

$$\text{Cotan } Q = \frac{\text{Tan } LM \cdot \text{Cos } LT}{\text{Sin } SBMD} - \frac{\text{Sin } LT}{\text{Tan } SBMD}$$

Dalam menentukan alat kiblat, selain menggunakan spherical trigonometry untuk menghitung koordinat azimuth kiblat juga terdapat berbagai macam alat bantu, diantaranya yaitu kompas baik magnetik maupun digital, tongkat istiwa dengan bayang-bayang matahari, rasydul kiblat juga dengan theodolite yang kesemuanya memiliki cara dan aturan yang berbeda-beda.

C. Sekilas Pemahaman Tentang Theodolite

Theodolite adalah alat yang digunakan untuk mengukur sudut horisontal (*Horizontal Angle = HA*) dan sudut vertikal (*Vertical Angle = VA*). Alat ini banyak digunakan sebagai piranti pemetaan pada survey geologi dan geodesi. Sejauh ini theodolite dianggap sebagai alat yang lebih akurat diantara metode-metode yang

sudah ada dalam menentukan arah kiblat. Dengan berpedoman pada posisi dan pergerakan benda-benda langit misalnya matahari sebagai acuan atau dengan bantuan satelit-satelit GPS maka theodolite akan menjadi alat yang dapat mengetahui arah secara presisi hingga skala detik busur^{xiv}.

Pada dasarnya alat ini merupakan sebuah teleskop yang ditempatkan pada sebuah piringan pertama yang berbentuk bulat dan dapat diputar mengelilingi sumbu vertikal, sehingga bisa membaca sudut horisontal. Teleskop tersebut juga dipasang pada piringan kedua yang dapat diputar mengelilingi sumbu horisontal, sehingga bisa membaca sudut vertikal. Kedua sudut tersebut, baik vertikal maupun horisontal dapat dibaca dengan tingkat ketelitian sangat tinggi, namun tetap harus diperhatikan kondisi theodolite tersebut bahwa fungsi elektroniknya harus benar-benar normal. Pada masa kini banyak diproduksi theodolite dengan menggunakan teknologi digital misalnya Nikon, Topcon, Leica, Sokkia, dan lain-lainnya.



Gambar 2

Contoh-contoh Theodolite

Dengan theodolite digital kita bisa mengukur arah kiblat dengan lebih presisi daripada dengan media lainnya. Yang paling penting dalam penggunaan theodolite dalam pengukuran arah kiblat adalah pointing arah utaranya terhadap titik utara sejati (*TrueNorth*). Pointing arah utara biasanya menggunakan acuan matahari, dengan

membidik matahari di saat tertentu kemudian menghitung azimutnya, lalu mengkalibrasikannya dengan titik nol/utara theodolite. Di dalam kondisi darurat pointing arah utara juga bisa menggunakan kompas khusus yang dipasang di atas theodolite, akan tetapi cara ini sangat tidak dianjurkan karena kompas bekerja berdasarkan pengaruh medan magnet sehingga margin errornya tinggi, sangat disayangkan ketika kita menggunakan alat ukur yang tingkat presisinya sangat tinggi (*high precision*), tetapi kalibrasinya menggunakan alat yang tingkat akurasi rendah (*low precision*) seperti kompas. Untuk menggunakan theodolite, berikut tahapan-tahapan yang perlu diketahui sehingga penggunaannya maksimal.

D. Algoritma Jean Meeus dalam Perhitungan Arah Kiblat

Jean Meeus adalah seorang astronom dan matematikawan kelahiran Belgia tahun 1928 yang tertarik pada astronomi bola dan mekanika benda langit. Pria lulusan University of Leuven itu menulis banyak buku matematika astronomi, seperti *Canon of Solar Eclipses*, *Elements of Solar Eclipses 1951-2200*, *Canon of Lunar Eclipses*, *Astronomical Formulae for Calculators*, *Astronomical Algorithms*, *Transits*, *Astronomical Tables of the Sun, Moon and Planets*, *Mathematical Astronomy Morsels*. Atas jasanya dalam bidang astronomi, sebuah asteroid yang ditemukan diberi nama asteroid 2213 Meeus, dan sampai akhir hayatnya beliau mengabdikan diri sebagai seorang Meteorologist di Airport Brussels (1953-1993)^{xv}.

Dalam bukunya yang berjudul *Astronomical Algorithm* di Bab 24 tentang koordinat matahari (*solar coordinates*) menuliskan beberapa rumus dan metode perhitungan untuk mendapatkan koordinat matahari. Ada tiga (3) metode (algoritma)

perhitungan koordinat matahari yang diutarakan Meeus, yaitu *Low accuracy*, *Higher accuracy*, dan *Very high accuracy*^{xvi}.

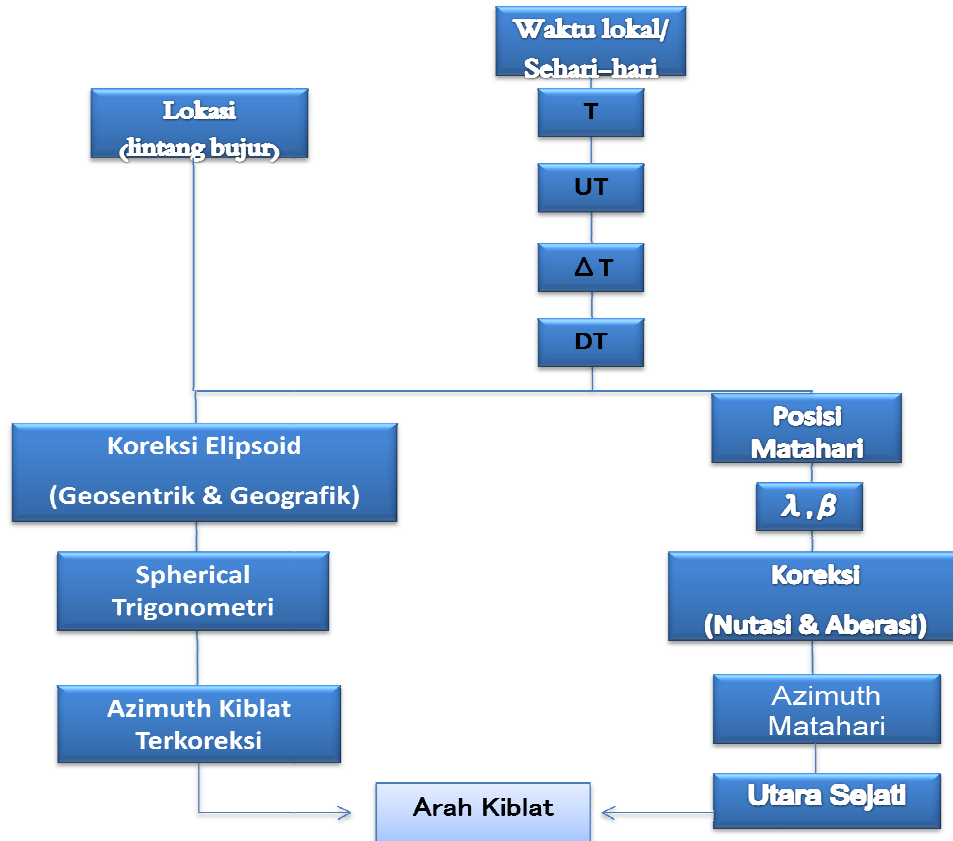
Metode perhitungan koordinat matahari dengan algoritma *low accuracy* menjelaskan bahwa posisi matahari dihitung dengan mengasumsikan hanya semata-mata bahwa pergerakan bumi mengelilingi matahari itu membentuk bidang elips. Gangguan-gangguan dalam rotasi maupun revolusi mengelilingi matahari yang disebabkan oleh bulan dan planet-planet lain diabaikan. Sehingga menyebabkan algoritma ini dikatakan rendah tingkat akurasi. Meeus mengatakan bahwa error yang ditimbulkan dari penggunaan algoritma ini sekitar 0,01 derajat atau setara dengan 36" (detik busur).^{xvii}

Akurasi yang lebih tinggi (*higher acuration*) telah dibuat oleh Meeus dengan jalan mereduksi dari suku-suku VSOP87 menjadi sekitar 129 suku koreksi untuk bujur ekliptika. Untuk menghitung lintang ekliptika matahari dalam algoritma Meeus, diperlukan sekitar 7 suku koreksi. Sementara itu jarak bumi-matahari dihitung dengan menggunakan sekitar 59 suku koreksi yang dikelompokkan ke dalam R_0 (40 suku), R_1 (10 suku), R_2 (6 suku), R_3 (2 suku) dan R_4 (1 suku).

Metode untuk menghitung koordinat matahari dengan akurasi tertinggi saat ini adalah dengan menggunakan teori algoritma VSOP87 dengan lengkap. Tingkat ketelitiannya sangat tinggi dengan tingkat error tidak lebih dari 0,01 detik busur. VSOP87 menyediakan data berupa suku-suku periodik dari peredaran matahari jika diamati dari beberapa planet seperti Merkurius, Venus, Bumi, Mars, Jupiter, saturnus, Uranus dan Neptunus. Untuk Bumi terdapat 2425 suku periodik yang telah disajikan oleh Bureau Des Longitudes^{xviii}.

Diagram Flowchart

Pada dasarnya sebuah mekanisme sebuah perhitungan terdiri dari input-proses-output, dan mekanisme dalam perhitungan arah kiblat dengan algoritma Jean Meeus ini dapat dilihat dalam diagram flowchart dibawah ini :



Gambar 3
Diagram Flowchart

Komponen Perhitungan Arah Kiblat

1. Lintang dan Bujur baik Mekah maupun tempat/ lokasi yang hendak dihitung arah kiblatnya.

Untuk mencari data lintang dan bujur kita dapat menggunakan alat bantu berupa GPS dan juga bisa menggunakan *Google Earth*.

Dalam pembuatan program aplikasi arah kiblat ini, data lintang ka'bah yang digunakan adalah : $21^{\circ} 25' 21.07''$ N (Utara) dan bujur : $39^{\circ} 49' 34.34''$ yang diambil dari Google Earth, sedangkan untuk data lintang dan bujur Negara dan kota-kota yang ada di dalamnya data koordinat lintang dan bujurnya disimpan dalam file database dalam format Microsoft Access 2007 menjadi *data base* yang diberi nama "locations", Data ini memuat kota-kota besar di seluruh dunia. Data ini dapat ditambah atau bahkan dapat diedit jika terdapat kekeliruan dalam input datanya.

2. Tanggal, Bulan dan Tahun.

Tanggal, bulan dan tahun sangat penting untuk diketahui, karena merupakan data yang harus diinput dalam perhitungan arah kiblat, hal ini menjadi penting dikarenakan pengamatan yang berhubungan dengan posisi Matahari pada waktu tersebut. Dari tanggal, bulan dan tahun ini selanjutnya dihitung nilai *Julian Day* (JD).

$JD 0 = 1 \text{ Januari } -4712 \text{ 12:00:00 UT} = 1,5 \text{ Januari } -4712$ (karena pukul 12 menunjukkan setengah hari). Pemahaman tentang Julian Day merupakan syarat mutlak dalam menentukan posisi benda langit seperti matahari, bulan maupun planet-planet. Hal ini juga menjadi penting dalam penentuan arah kiblat terutama dengan alat bantu theodolite karena menggunakan pengamatan terhadap matahari.

Perhitungan arah kiblat dengan program ini menggunakan kalender gregorian, maka dilakukan perhitungan untuk kalender Gregorian yaitu dengan rumus :

$$A = \text{INT}(Y/100).$$

$$B = 2 + \text{INT}(A/4) - A.$$

Untuk kalender Julian, A tidak perlu dihitung, sedangkan $B = 0$.

Julian Day dirumuskan sebagai berikut :

$$JD = 1720994,5 + \text{INT}(365,25*Y) + \text{INT}(30,6001(M + 1)) + B + D.$$

Dalam perhitungan memiliki ketentuan sebagai berikut :

Jika : $a \leq 15821004.99999$

$$\text{Maka : } B = -2 + \text{int} (Y+4716)/4)-1179$$

Jika sebaliknya, maka :

$$B = \text{int} (Year / 400) - \text{int} (Year / 100) + \text{int} (Year / 4)$$

Angka 15821004.99999, adalah menunjukkan perubahan dari *Julian Date ke Gregorian date*

Dari nilai JD yang sudah diketahui, kemudian dihitung nilai T (*Julian Centuries*) atau abad *Julian*, dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$T = (JD - 2451545.0)/36525$$

T adalah waktu dalam *Julian Century* dengan epoch tahun 2000 (J2000). Angka 2451545.0 adalah *Julian Day* untuk tanggal 1.5 Januari 2000, sedangkan angka 36525 adalah banyaknya hari rata-rata dalam satu tahun. Jadi T menunjukan sudut tanggal dalam setahun terhitung sejak tanggal 1.5 Januari 2000 Pukul 12.00 UT

3. Zona Waktu

Dalam masalah zona waktu, Daerah yang terletak di sebelah timur Greenwich memiliki Z positif, sedangkan di sebelah barat Greenwich memiliki Z negatif. Misalnya zona waktu Jakarta, Bogor atau indonesia bagian barat mengikuti zona waktu yang sama dengan Bangkok atau biasa disebut juga Indocina yaitu UT

+7 (seringkali disebut GMT +7) maka $Z = 7$ sedangkan Zona Waktu Washington DC (Z) = -5.

4. Greenwich Mean Sideral Time dan Greenwich Hour Angle

Rumus untuk mencari Sideral time di Greenwich saat 0 UT (GMST) yaitu:

$$\theta_0 = 280.46061837 + 360.98564736629 (\text{JD}-2451545.0) + 0.0003879333 T^2 - \frac{T^3}{38710000}$$

Sedangkan Apparent sideral time atau Greenwich Hour Angle (GHA) dapat dihitung dengan rumus^{xix}.

$$\text{GHA} = \text{GMST} + \frac{\Delta\psi \cos \epsilon}{15}$$

5. Delta T (ΔT)

Delta T (ΔT) adalah untuk menghitung waktu dinamis (TD, Time Dynamic), perhitungan tersebut dapat dilakukan dengan memakai rumus :

$$\text{TD} = \text{UT} + \Delta T \quad \text{Keterangan : } Lt = \text{waktu lokal (local time)}$$

$$\text{UT} = \text{LT} - Tz \quad Tz = \text{zona waktu (time zone)}$$

Jika Universal Time (UT) dapat diketahui, maka begitu pula dengan waktu dinamis

Dalam penggunaan theodolite sebagai alat bantu dalam menentukan arah kiblat, objek utama yang diamati dalam matahari, yang didalamnya meliputi koreksi nutasi dan aberasi, menentukan posisi matahari artinya menentukan bujur matahari, lintang matahari, jarak matahari dan lain sebagainya, dalam hal ini algoritma Jean Meeus sebenarnya tidak jauh berbeda dengan VSOP87, hanya saja lebih sedikit karena merupakan ringkasan dari VSOP87.

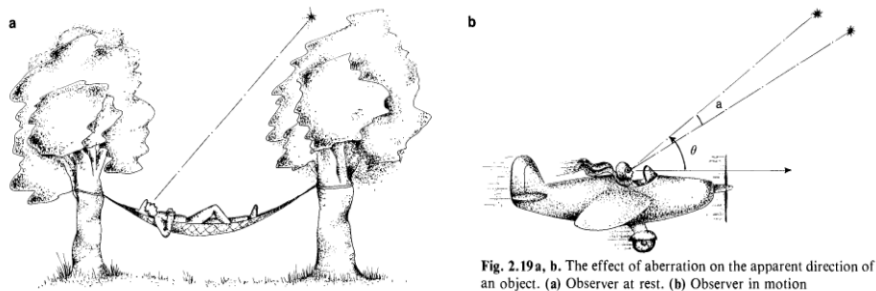
Komponen-komponen algoritma Jean Meeus dalam menentukan posisi matahari terdiri dari tiga kelompok yaitu L, B dan R, kelompok L terdiri dari L0, L1, L2, L3, L4 dan L5, kelompok B terdiri dari B0, B1, dan kelompok R terdiri dari R0, R1, R2, R3 dan R4. Rumus yang digunakan untuk menghitung adalah:^{xx}

$$Q = A * \cos(B + C * T)$$

atau

$$L_i = \sum_{j=1}^{n_i} A_{L_i,j} \cos(B_{L_i,j} + C_{L_i,j} \tau)$$

Koreksi aberasi dilatarbelakangi oleh adanya kecepatan suatu cahaya yang terbatas, sedangkan seorang pengamat yang sedang bergerak seolah-olah melihat suatu obyek berpindah dari tempat semula. Perubahan kenampakan arah suatu benda inilah yang disebut dengan *abberasi*^{xxi}. Lihat Gambar 4



Gambar 4 Aberasi

Nilai aberasi dapat di cari dengan rumus^{xxii} :

$$\kappa = -\frac{20''.4898}{R}$$

R = jari-jari bumi

Untuk akurasi yang tinggi dapat menggunakan rumus^{xxiii} :

$$\kappa = -0.005775518 R \Delta\lambda$$

Gerak nutasi adalah gelombang kecil yang dibentuk oleh sumbu bumi bersama-sama dengan gerak presesi. Gerak nutasi terjadi akibat pengaruh bulan

yang berusaha menarik bumi ke bidang orbit bulan. Bidang orbit bulan miring $50^{\circ} 12'$ terhadap ekliptika. Gerak nutasi tidak terjadi selama ± 25.796 tahun sekali sebagaimana gerak presesi akan tetapi terjadi hanya dalam $\pm 18,66$ tahun sekali. Jika digambarkan, akan terdapat gelombang pada lingkaran bayangan gerak presesi. Sehingga gerak nutasi ini sering juga dikenal dengan gelombang kecil^{xxiv}.

Demi mengetahui posisi matahari yang akurat, kita juga perlu memahami lintang ekliptika matahari dan bujur ekliptika matahari, Lintang ekliptika adalah jarak busur meridian ekliptika yang melalui benda langit, diukur mulai dari ekliptika ke arah kutub utara ekliptika (positif) atau ke arah kutub selatan ekliptika (negatif) sampai benda langit. Harga β berkisar dari 0° sampai $+90^{\circ}$ untuk benda langit di belahan langit utara dan dari 0° sampai -90° untuk benda langit di belahan langit selatan. Pada Gambar 3.38 lintang ekliptika dari C_0 sampai C . Lintang ekliptika SS (*Summer Solstice*) ialah $+90^{\circ}$ dan lintang ekliptika WS (*Winter Solstice*) ialah -90° ^{xxv}.

Untuk memperoleh nilai lintang ekliptika matahari, komponen L dalam Algoritma Jean Meeus diolah menggunakan rumus :

$$L = \sum_{i=0}^5 L_i \tau^i$$

L = lintang ekliptika (β)

ΣL = Jumlah komponen dari $L_0, L_1, L_2, L_3, L_4, L_5$,

τ = Julian milenia ephemeris

Sedangkan untuk menghitung bujur ekliptika matahari dapat dicari dengan rumus :

$$B = \sum_{i=0}^4 B_i \tau^i$$

B = Bujur ekliptika (λ)

ΣB = Jumlah komponen dari B_0, B_1, B_2, B_3, B_4 ,

τ = Julian milenia ephemeris

Menghitung Sudut Rata-Rata Kemiringan Ekliptika (mean obliquity of the ecliptic)

$$\Delta \epsilon = \sum_{i=1}^{38} (a_i + b_i T) \cos (D_i D + M_i M + M'_i M' + F_i F + \Omega_j \Omega)$$

Rumus epsilon:

$$\epsilon_0 = 23^\circ 26' 21".448 - 4680".93U - 1".55U^2 + 1999".25U^3 - 51".38U^4 - 249".67U^5 - 39".05U^6 + 7".12U^7 + 27".87U^8 + 5".79U^9 + 2".45U^{10}$$

Hasil dari koreksi epsilon kemudian ditambahkan dengan hasil perhitungan epsilon berdasarkan rumus:

$$\epsilon = \epsilon + \Delta \epsilon$$

Sun Declination (δ) dan Sun Right Ascension (α) (Deklinasi dan Asensio Rekta Matahari), rumus transformasi koordinat dari Ekliptika (λ, β) ke Ekuator (α, δ) adalah sebagai berikut^{xxvi}:

$$\sin \delta = \sin \beta \cos \epsilon + \cos \beta \sin \epsilon \sin \lambda$$

$$\sin \alpha = \frac{-\sin \beta \sin \epsilon + \cos \beta \cos \epsilon \sin \lambda}{\cos \delta}$$

Equation Of Time, perata waktu diartikan selisih antara waktu kulminasi Matahari Hakiki dengan waktu Matahari rata-rata. Data ini biasanya dinyatakan dengan huruf “e” dan diperlukan dalam menghitung awal waktu shalat^{xxvii}.

Salah satu definisi *Equation of Time* (e) adalah selisih sudut antara *apparent* dengan *mean time*. Atau dengan kata lain *equation of time* adalah perbedaan antara sudut waktu dari matahari sebenarnya dengan matahari rata-rata. Jika matahari hakiki sebelum matahari rata-rata, *equation of time* bernilai positif. Jika matahari hakiki setelah matahari rata-rata, maka *equation of time* negatif.

Equation of Time bisa di hitung dengan rumus^{xxviii} :

$$E = L_0 - 0^\circ.0057183 - \alpha + \Delta \psi \cos \varepsilon$$

dengan

L_0 = Bujur rata-rata matahari

α = Bujur matahari

$\Delta \psi$ = Nutasi (Istilah anggukan sumbu bumi karena regresi garis nodal bulan dan memiliki periode tahun yang sama yaitu 6798,4 hari (18,6 tahun)

ε = Kemiringan ekliptika terhadap ekuator

Bujur rata-rata matahari (L_0) yang dirumuskan:

$$L_0 = 280.4664567 + 360007.6982779 \tau + 0.03032028 \tau^2 + \frac{\tau^3}{49931} - \frac{\tau^4}{15299} - \frac{\tau^5}{1988000}$$

Hour angle (h) adalah sudut jam yang dihitung searah jarum jam dari meridian, hour angle suatu objek tidaklah tetap, tapi mengalami perubahan karena terjadi rotasi Bumi, hour angle dari vernal equinox disebut Sideral time (Θ)

$$\Theta = h + \alpha$$

Keterangan :

h : hour angle dari suatu objek

α : adalah askensio rekta.

E. Akurasi Perhitungan

Untuk mendapatkan akurasi perhitungan, maka aplikasi program dalam tesis ini perlulah diuji. Metode pengujian dari hasil penelitian ini dilakukan dengan dua cara yaitu komparatif dan eksperimen, komparatif yaitu dengan cara membandingkan dengan perhitungan *spherical trigonometry* secara manual, hal ini dilakukan karena penelitian ini berbasis aplikasi dalam bentuk *software* sehingga perlu dibandingkan kembali dengan metode serupa secara manual yang sudah lama digunakan dan dianggap akurat. Kemudian dengan cara eksperimen yaitu aplikasi software yang sudah jadi ini digunakan untuk mengukur tempat yang sudah dikenal memiliki arah kiblat yang akurat.

Hasil dari pengujian secara komparatif dapat dilihat dari table-tabel dibawah ini :

Pengukuran Arah Kiblat Fakultas Syariah IAIN Walisongo dengan alat bantu Theodolite Selasa 22 Mei 2012 pukul 9.00 WIB.			
Nilai	Metode manual	Aplikasi Software	Selisih
Azimuth Matahari	53° 26' 57"	53° 26' 53"	0° 0' 04"
Utara Sejati	307° 26' 57"	307° 33' 07"	-0° 06' 10"
Azimuth Kiblat ²	294° 31' 08"	294° 22' 34"	0° 08' 34"

Tabel 1

²Metode manual yaitu dengan segitiga bola sedangkan aplikasi software dengan koreksi ellipsoid

Pengukuran Arah Kiblat Masjid Kampus 1 IAIN Walisongo dengan alat bantu Theodolite Kamis 24 Mei 2012 pukul 10.00 WIB.			
Perhitungan	Manual	Aplikasi Software	Selisih
Azimuth Matahari	39° 36' 03.26"	39° 35' 55"	0° 0' 08,26"
Utara Sejati	320° 23' 56"	320° 24' 05"	-0° 00' 09"
Azimuth Kiblat	294° 30' 54"	294° 22' 20"	0° 08' 34"

Tabel 2

Pengukuran Arah Kiblat M.A.J.T Semarang dengan alat bantu Theodolite Senin 28 Mei 2012 pukul 10.00 WIB.			
Nilai	Metode manual	Aplikasi Software	Selisih
Azimuth Matahari	38° 51' 33.92"	38° 51' 26"	0° 0' 07,92"
Utara Sejati	321° 08' 26"	321° 08' 34"	-0° 00' 08"
Azimuth Kiblat	294° 29' 38"	294° 21' 04"	0° 08' 34"

Tabel 3

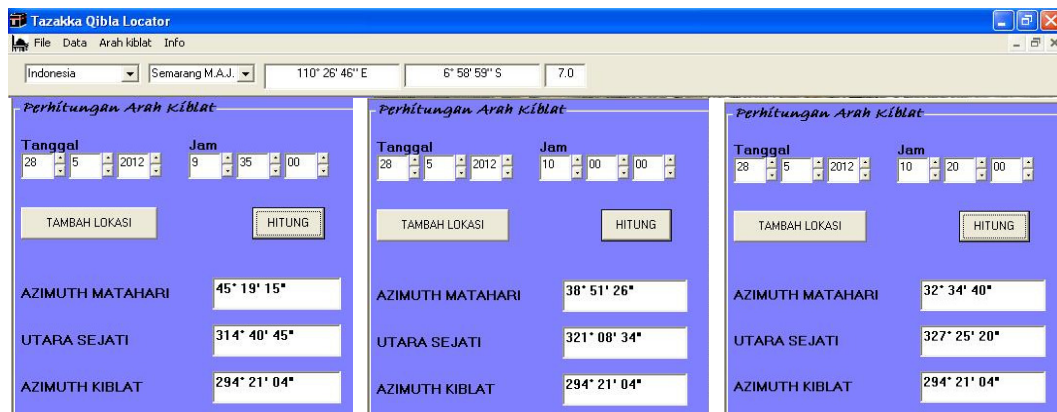
Pengukuran Arah Kiblat Masjid Baiturrahman Semarang dengan alat bantu Theodolite Sabtu 2 Juni 2012 pukul 09.30 WIB.			
Nilai	Metode manual	Aplikasi Software	Selisih
Azimuth Matahari	45° 48' 12.56"	45° 48' 06"	0° 0' 06,56"
Utara Sejati	314° 11' 47"	314° 11' 54"	-0° 00' 07"
Azimuth Kiblat	294° 30' 03"	294° 21' 29"	0° 08' 34"

Tabel 4

Pengukuran Arah Kiblat Masjid Baitul Istiqomah Semarang dengan alat bantu Theodolite Ahad 3 Juni 2012 pukul 09.30 WIB.			
Nilai	Metode manual	Aplikasi Software	Selisih
Azimuth Matahari	45° 46' 41.9"	45° 46' 36"	0° 0' 05,9"
Utara Sejati	314° 13' 18"	314° 13' 24"	-0° 00' 06"
Azimuth Kiblat	294° 30' 55"	294° 22' 21"	0° 08' 34"

Tabel 5

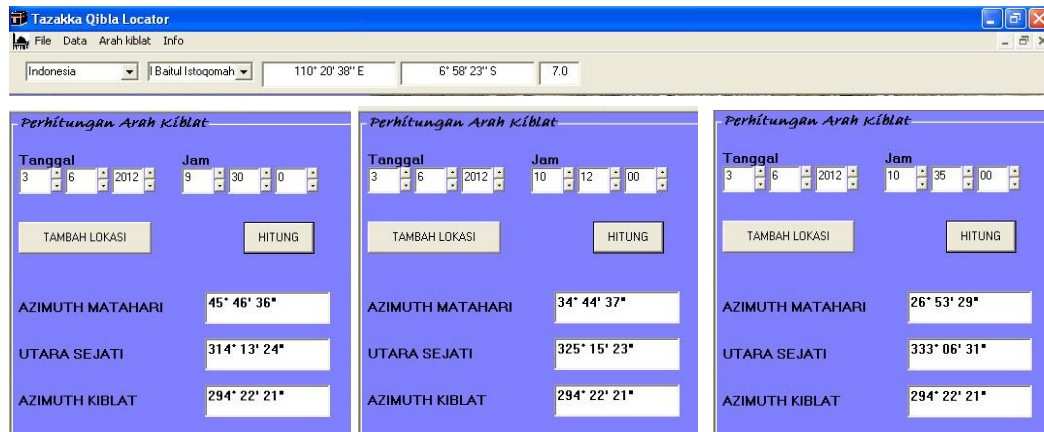
Pengujian secara eksperimen dilakukan pada MAJT dan Masjid Baitul Istiqomah Semarang. Pengujian di MAJT hari Senin, 28 Mei 2012 pada pukul 9.35, 10.00 dan 10.20, hasil yang diperoleh yaitu:



Gambar 5
Uji Eksperimen MAJT

Pengujian selanjutnya di Masjid Baitul Istiqomah dilakukan pada hari Ahad 3

Juni 2012 pada pukul 9.30, 10.12 dan 10.35, hasilnya yaitu :



Gambar 6
Uji Eksperimen Masjid Baitul Istiqomah

F. Kesimpulan

Ilmu ukur segitiga bola (*spherical trigonometry*) merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam penentuan arah kiblat dan dianggap akurat apalagi dilakukan dengan koreksi ellipsoid.

Jean Meeus menjelaskan bahwa perhitungan yang menggunakan koreksi ellipsoid termasuk dalam kategori *medium accuracy* (akurasi sedang) dibandingkan dengan dengan metode vincenty yang masuk dalam kategori *high accuracy* (akurasi tinggi) sedangkan ilmu ukur segitiga bola murni hanya dalam kategori *low accuracy* (akurasi rendah). Dari sini dapat disimpulkan bahwa pemakaian koreksi ellipsoid adalah lebih baik dari pada hanya segitiga bola murni dikarenakan bentuk bumi yang sebenarnya tidak bulat seperti bola. Perbedaan pemakaian ilmu ukur segitiga bola dibandingkan dengan koreksi ellipsoid memiliki selisih perbedaan sekitar 1' busur. Penyimpangan 1' busur untuk wilayah Indonesia identik dengan penyimpangan 1.9 km dari Ka'bah,

sehingga penggunaan koreksi ellipsoid lebih baik digunakan dalam penentuan arah kiblat.

Disamping itu, perhitungan tentang posisi matahari juga selayaknya dilakukan dengan perhitungan koreksi nutasi dan aberasi agar hasil yang didapat memiliki tingkat yang lebih akurat, sedangkan untuk alat bantu yang dipakai yaitu theodolite sehingga tingkat akurasi arah kiblat yang diinginkan benar-benar tercapai.

Dari hasil penelitian ini dapat dipahami bahwa algoritma Jean Meeus yang berupa adopsi dari VSOP87 dengan berbagai macam koreksi baik itu koreksi ellipsoid untuk koordinat tempat maupun koreksi aberasi dan nutasi untuk mencari posisi matahari yang tepat, memiliki tingkat akurasi yang lebih dibandingkan hanya dengan menggunakan perhitungan segitiga bola dan penggunaan teknologi modern juga komputerisasi terbukti dapat membantu kita mempercepat proses perhitungan arah kiblat sehingga membutuhkan waktu yang lebih singkat, lebih efisien dan efektif, begitu juga pembuatan software ini dilakukan semata-mata hanya untuk mengurangi kesalahan manusiawi yang biasa terjadi.

ⁱ Departemen P & K, 1999, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Edisi 2, cet. IX, Jakarta : Balai Pustaka, hal. 54

ⁱⁱ Djambek, Saadoc'ddin, 1956, *Arab Kiblat*, cet II, Jakarta, Tintamas, hal.6-9

ⁱⁱⁱ Departemen Agama RI, 1994, *Pedoman Penentuan Arab Kiblat*, Jakarta (Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama), hal. 10

^{iv} Departemen Agama RI, 1993, Direktorat Jenderal Pembinaan Kelembagaan Agama Islam Proyek Peningkatan Prasarana Dan Sarana Perguruan Tinggi Agama / IAIN, *Ensiklopedi Islam*, Jakarta: CV. Anda Utama, hal 66

^v Al-Bukhari, Abi Abdillah Muhammad bin Ismail,T.th, *Shahih al-Bukhari*, Juz I, Beirut: Darul Kutubil 'Ilmiyyah, No 6251, hal 130

^{vi} Slamet Hambali, 2011, *Ilmu Falak I (Tentang Penentuan Awal Waktu Shalat Dan Penentuan Arab Kiblat Di Seluruh Dunia)*, Semarang, IAIN Walisongo, hal. 84

^{vii} Op. Cit Departemen Agama RI, hal. 16

^{viii} Khafid, Ing, 2007, *Penentuan Arab Kiblat*, Jakarta: Pelatihan Penentuan Arah Kiblat, hal. 2-3.

^{ix} Loc. Cit, Slamet Hambali

^x Khazin, Muhyiddin, 2004, *Cara Mudah Mengukur Arab Kiblat*, Yogyakarta : Buana Pustaka, hal.

-
- ^{xi} Loc. Cit, Khafid
^{xii} Şabuni, Ali, t.th, *Rawaih al-Bayan fi Tafsir al-Ayah al-Quran*, Juz I, Beirut: Dar al-Fikr, hal. 96-97.
^{xiii} Loc. Cit, Bukhari.
^{xiv} Izzudin, Ahmad, 2010, *Menentukan Arab Kiblat Praktis*, Semarang : Walisongo Press, hal. 55.
^{xv} (Wikipedia.com).
^{xvi} Meeus, Jean, 1991, *Astronomical Algorithms*, Virginia: Williamn-Bell Inc, hal. 151-156
^{xvii} Ibid
^{xviii} Ibid, hal, 154
^{xix} Ibid, hal. 84
^{xx} Ibid, hal. 206
^{xxi} Karttunen, Hannu et.al, 1995, *Fundamental Astronomy*, New York: Springer, hal. 26
^{xxii} Op. Cit (Meeus, hal.155
^{xxiii} Ibid
^{xxiv} (<http://anizaida89.blogspot.com>)
^{xxv} Arkanuddin, Mutoha dan Fahrurrazi, Djawahir, 2009, *Ilmu Falak dan Pergerakan Benda Langit*, Yogyakarta: RHI, hal. 56
^{xxvi} Op.Cit, Meeus, hal. 89
^{xxvii} Azhari, Susiknan, 2004, *Ilmu Falak (Dalam Teori Dan Praktik)*, Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, hal. 62
^{xxviii} Op.Cit, Meeus, hal, 171

DAFTAR PUSTAKA

Al-Bukhari, Abi Abdillah Muhammad bin Ismail, T.th, *Shahib al-Bukhari*, Juz I, Beirut: Darul Kutubil ‘Ilmiyyah.

Arkanuddin, Mutoha dan Fahrurrazi, Djawahir, 2009, *Ilmu Falak dan Pergerakan Benda Langit*, Yogyakarta: RHI.

Azhari, Susiknan, 2004, *Ilmu Falak (Dalam Teori Dan Praktik)*, Yogyakarta: Suara Muhammadiyah.

Departemen Agama RI, 1994, *Pedoman Penentuan Arab Kiblat*, Jakarta (Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama).

Departemen Agama RI, 1993, Direktorat Jenderal Pembinaan Kelembagaan Agama Islam Proyek Peningkatan Prasarana Dan Sarana Perguruan Tinggi Agama / IAIN, *Ensiklopedi Islam*, Jakarta: CV. Anda Utama.

Departemen P & K, 1999, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Edisi 2, cet. IX, Jakarta : Balai Pustaka.

Djambek, Saadod’ddin, 1956, *Arab Kiblat*, cet II, Jakarta, Tintamas.

Izzudin, Ahmad, 2010, *Menentukan Arab Kiblat Praktis*, Semarang : Walisongo Press.

Karttunen, Hannu et.al, 1995, *Fundamental Astronomy*, New York: Springer, hal. 26

Khafid, Ing, 2007, *Penentuan Arab Kiblat*, Jakarta: Pelatihan Penentuan Arah Kiblat.

Khazin, Muhyiddin, 2004, *Cara Mudah Mengukur Arab Kiblat*, Yogyakarta : Buana Pustaka.

Meeus, Jean, 1991, *Astronomical Algorithms*, Virginia: Williamn-Bell Inc, hal. 151-156

Slamet Hambali, 2011, *Ilmu Falak I (Tentang Penentuan Awal Waktu Shalat Dan Penentuan Arab Kiblat Di Seluruh Dunia)*, Semarang, IAIN Walisongo.

Şabuni, Ali, t.th, *Rawaih al-Bayan fi Tafsir al Ayah al Quran*, Juz I, Beirut: Dar al-Fikr.

Wikipedia.com
<http://anizaida89.blogspot.com>