

PEMANFAATAN TEKNOLOGI *AUGMENTED REALITY* DALAM MENENTUKAN ARAH KIBLAT SECARA DIGITAL (STUDI ANALISIS APLIKASI MIQAT KARYA SAMER JOUDI)

Naufal Fazal Muttaqin¹ Muslich Shabir² Ahmad Izzuddin³

Abstrak

Pada era digital saat ini terdapat banyak aplikasi arah kiblat yang beredar di berbagai situs dan layanan konten digital seluruh dunia. Salah satunya adalah aplikasi penentuan arah kiblat yang berbasis *android* dan memanfaatkan teknologi *augmented reality* atau realitas tertambah seperti pada aplikasi *Miqat : Prayer Times, Qiblah, and Hilal Visibility*. Aplikasi *Miqat* dirilis pada tahun 2015 oleh Samer Joudi, seorang Spesialis Teknologi Geospasial dari Uni Emirates Arab. Aplikasi *Miqat* telah diunduh lebih dari 5.000.000 (lima juta) pengguna *android* dengan rating 4,6 dari skala 5 per tanggal 20 November 2022. Aplikasi *Miqat* memiliki fitur *3D Qibla* yang berfungsi untuk mengarahkan pengguna ke arah Kakbah dengan bantuan teknologi *augmented reality* dalam tampilan realitas nyata.

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian kualitatif bersifat deskriptif (*descriptive research*) dengan pendekatan lapangan (*field research*) yang bertujuan untuk mengetahui lebih detail tentang kajian aplikasi *android* *Miqat* dari segi teori, metode, perhitungan dan akurasinya dalam menentukan arah kiblat. Hasil penelitian ini adalah metode perhitungan yang digunakan aplikasi *Miqat* adalah rumus *Vincenty* yang perhitungannya cukup akurat (selisih 7 menit dengan perhitungan arah kiblat Istiwa'aini) karena rumus *Vincenty* memiliki akurasi tinggi dalam menentukan arah kiblat berdasarkan bentuk bumi yang *ellipsoid*. Kemudian, penentuan arah kiblat menggunakan fitur *3D Qibla* yang berteknologi *augmented reality* dikategorikan kurang akurat menurut tingkat keakuratan Slamet Hambali, namun masih dalam batas toleransi menurut tingkat keakuratan Thomas Djamaluddin. Tingkat akurasi arah kiblat aplikasi *Miqat* ini berselisih 0° hingga 1° dari arah kiblat hasil pengukuran Istiwa'aini.

Kata Kunci: **Arah Kiblat, *Augmented Reality*, *Miqat*, *Vincenty***

Pendahuluan

Menghadap kiblat adalah wajib, khususnya ketika menunaikan ibadah shalat, baik shalat wajib maupun shalat sunnah.⁴ Pelaksanaan ibadah telah menjadi keharusan bagi setiap orang muslim untuk menghadap ke arah Ka'bah.⁵ Ka'bah merupakan satu arah

¹ naufalmuttaqin@gmail.com, UIN Walisongo Semarang

² muslich_shabir@walisongo.ac.id, UIN Walisongo Semarang

³ izzuddin@walisongo.ac.id, UIN Walisongo Semarang

⁴ Ma'rufin Sudibyo, *Sang Nabi pun Berputar (Arah Kiblat dan Tata Cara Pengukurannya)*, (Solo: Tinta Medina, 2011), hlm. 92.

⁵ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1 (Penentuan Awal Waktu Shalat dan Arah Kiblat Seluruh Dunia)*, (Semarang: program pascasarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011), hlm.167.

yang menyatukan arah segenap umat Islam dalam melaksanakan shalat.⁶ Kewajiban untuk menghadap kiblat yaitu Ka'bah di Masjidil Haram tersirat dalam firman Allah pada QS. Al-Baqarah [2]:149 :

وَمِنْ حَيْثُ خَرَجْتَ قَوْلٌ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ وَإِنَّهُ لَلْحَقُّ مِنْ رَبِّكَ وَمَا اللَّهُ
بِغَافِلٍ عَمَّا تَعْمَلُونَ

Artinya “Dan dari mana saja kamu keluar (datang), Maka Palingkanlah wajahmu ke arah Masjidil haram, Sesungguhnya ketentuan itu benar-benar sesuatu yang hak dari Tuhanmu. dan Allah sekali-kali tidak lengah dari apa yang kamu kerjakan”.⁷

Umat Islam telah bersepakat bahwa menghadap kiblat merupakan syarat sahnya shalat, sebagaimana dalil-dalil syar’i yang ada.⁸ Perintah shalat menghadap ke arah Masjidil Haram diulangi dalam ayat selanjutnya yaitu Q.S Al-Baqarah[2]:150.

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

Artinya “Dan dari mana saja kamu (keluar), Maka Palingkanlah wajahmu ke arah Masjidil Haram. dan dimana saja kamu (sekalian) berada, Maka Palingkanlah wajahmu ke arahnya, agar tidak ada hujjah bagi manusia atas kamu, kecuali orang-orang yang zalim diantara mereka. Maka janganlah kamu takut kepada mereka dan takutlah kepada-Ku (saja). dan agar Ku-sempurnakan nikmat-Ku atasmu, dan supaya kamu mendapat petunjuk”.⁹

Ayat ini menjelaskan bahwa perintah itu bersifat umum untuk seluruh umat, masa, serta tempat agar tidak ada lagi alasan bagi ahli kitab, kaum musyrikin, dan munafikin menentang Nabi saw. dalam persoalan pemindahan kiblat.¹⁰

Menghadap kiblat bagi yang dapat melihat Ka'bah hukumnya menghadap ke bangunan Ka'bah (*‘ainul Ka’bah*). Akan tetapi apabila orang yang berada jauh dari wilayah Masjidil Haram bahkan jauh dari Arab, ada perbedaan pendapat. Ada yang

⁶ Achmad Jaelani, *et al*, *Hisab Rukyat Menghadap Kiblat (Fiqh, Aplikasi, Praktis, Fatwa dan Software)*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), hlm. 1.

⁷ *Al-Qur’an al-Karim dan Terjemahnya*, (Kudus: Menara Kudus, 2006), hlm. 23.

⁸ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pusaka, 2004), hlm. 47.

⁹ *Al-Qur’an al-Karim dan Terjemahnya*, hlm. 23.

¹⁰ Kementerian Agama RI, *al-Qur’an dan Tafsirnya*, (Jakarta: Kementerian Agama RI dengan biaya DIPA, 2012), hlm. 229-230.

memperbolehkan untuk menghadap arahnya saja (*jihatul Ka'bah*) ada juga yang mengharuskan menghadap bangunan Ka'bah (*'ainul Ka'bah*).

Penentuan arah kiblat khususnya di Indonesia, selalu mengalami perkembangan dari masa ke masa sesuai dengan keilmuan dan kualitas serta kapasitas intelektual yang dimiliki oleh masyarakat Islam pada saat itu. Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya alat-alat yang digunakan untuk mengukur arah kiblat dan metode pengukuran yang berdasarkan ilmu astronomi. Mulai dari alat dan metode dengan tingkat keakuratan yang rendah hingga tingkat keakuratan yang tinggi. Alat-alat itu diantaranya adalah Kompas, Tongkat Istiwa, *Rubu' Mujayyab*, *Global Positioning System* (GPS), Istiwa'aini, *Mizwala Qibla Finder*, hingga Theodolite yang tingkat keakuratannya telah diakui para ilmuwan falak. Sedangkan metode penentuan arah kiblat yaitu dengan perhitungan *Rubu' Mujayyab*, metode segitiga siku-siku dari bayangan Matahari setiap saat, serta metode Rasdhul Kiblat, Penentuan arah kiblat juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan azimuth benda langit seperti bintang dan planet, serta memanfaatkan bayangan benda yang terkena cahaya Matahari. Penentuan arah kiblat juga dapat dikembangkan secara digital yaitu dengan menggabungkan metode penentuan arah kiblat sebelumnya dengan perkembangan teknologi seperti pembuatan instrumentasi digital untuk menentukan arah kiblat seperti teodolit, perhitungan yang memanfaatkan sistem komputasi, pembuatan aplikasi penentuan arah kiblat di komputer dan *smartphone*.¹¹

Dari beberapa alat dan metode penentuan arah kiblat diatas, penentuan arah kiblat menggunakan alat biasanya hanya dilakukan oleh para ahli falak atau pegiat falak, sedangkan masyarakat umum lebih memilih untuk menentukan arah kiblat dengan cara yang termudah. Salah satunya yaitu menggunakan aplikasi arah kiblat yang diakses melalui *smartphone* android.

Aplikasi arah kiblat dalam *smartphone* cukup banyak tersedia di platform distribusi aplikasi milik Google yaitu *Google Play Store* dan terdapat di platform distribusi aplikasi milik Apple Inc yaitu *App Store*. Aplikasi arah kiblat juga tersedia di berbagai halaman web di Internet, baik aplikasi yang berbasis web ataupun aplikasi yang dapat di unduh untuk *smartphone*. Aplikasi-aplikasi tersebut biasanya memanfaatkan kompas magnetik,

¹¹ Muhammad Thoyfur, *Digitalisasi Rasdhul Kiblat Lokal oleh Qibla Diagram*, (Semarang: Jurnal Al-Hilal UIN Walisongo, Volume 3, Nomor 1, Maret 2021).

GPS, dan citra satelit dalam penentuan arah kiblatnya. Yang terbaru, kini ada penentuan arah kiblat yang menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality*.

Dalam penelitian Anisah Budiwati tahun 2016, dalam bentuk jurnal yang berjudul “*Tongkat Istiwa’, Global Positioning System (GPS) dan Google Earth untuk Menentukan Titik Koordinat Bumi dan Aplikasinya dalam Penentuan Arah Kiblat*”.¹² Dalam hasil penelitian ini menerangkan bahwa tongkat istiwa’ adalah salah satu alternatif penentuan titik koordinat Bumi yang menggunakan teori perhitungan *spherical trigonometry* secara sederhana tanpa bantuan, sedangkan GPS dan Google Earth menggunakan prinsip keilmuan geodesi yang lebih teliti. Dari segi aplikasi, yang paling praktis dan akurat adalah GPS. Kemudian disusul Google Earth, dan tongkat istiwa’.

Augmented Reality atau dapat disingkat dengan AR adalah teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi dan ataupun tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut dalam waktu nyata. AR adalah kombinasi antara dunia maya (*virtual*) dan dunia nyata (*real*) yang dibuat oleh komputer.¹³ Objek *virtual* dapat berupa teks, animasi, model 3D atau video yang digabungkan dengan lingkungan sebenarnya sehingga pengguna merasakan objek *virtual* berada di lingkungannya. Menurut Goel dan Bhardwaj (2014) teknologi AR dapat berjalan normal pada perangkat mobile seperti *iPhones, iPads, smartphone, PC, tablet* dan lain-lain.¹⁴

Tidak seperti realitas maya yang sepenuhnya menggantikan kenyataan, namun teknologi AR ini hanya menambahkan atau melengkapi kenyataan. Benda-benda maya menampilkan informasi yang tidak dapat diterima oleh pengguna dengan inderanya sendiri. Hal ini membuat teknologi AR sesuai sebagai alat untuk membantu persepsi dan interaksi penggunaannya dengan dunia nyata. Informasi yang ditampilkan oleh benda maya membantu pengguna melaksanakan kegiatan-kegiatan dalam dunia nyata. Teknologi AR dapat diaplikasikan untuk semua indera, termasuk pendengaran, sentuhan, dan

¹² Anisah, Budiwati, *Tongkat Istiwa’, Global Positioning System (GPS) dan Google Earth untuk Menentukan Titik Koordinat Bumi dan Aplikasinya dalam Penentuan Arah Kiblat*, (Semarang: Jurnal AlAhkam Walisongo, Volume 26, Nomor 1, April 2016).

¹³ Borko Furth, *Hand Book of Augmented Reality*, (Department of Computer and Electrical Engineering, 2014), hlm. 1-356.

¹⁴ Siddhant Goel dan Avdesh Bhardawaj, *A Critical Analysis of Augmented Reality Learning by Applicability of IT Tools*. International Journal of Information and Computation Technology, Vol. 4 No. 4, 2014, hlm. 425-430.

penciuman. Selain digunakan dalam bidang-bidang seperti kesehatan, militer, dan industri manufaktur.¹⁵

Penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi AR mulai hadir pada tahun 2013, namun mulai diperbincangkan pada tahun 2015. Aplikasi android untuk penentuan arah kiblat berteknologi AR ini memanfaatkan lokasi Ka'bah dan lokasi pengguna untuk menentukan rute langsung antara dua titik tersebut, seperti rute di Google Maps. Untuk menggunakan panduan arah kiblat berteknologi AR ini, pengguna diharuskan mengaktifkan fitur lokasi (GPS) di *smartphone* dan mengaktifkan fitur kamera. Apabila *smartphone* mendukung teknologi AR, maka pengguna dapat melihat penunjuk arah kiblat berupa proyeksi benda dua dimensi atau tiga dimensi di fitur kamera. Untuk mendapatkan arah kiblatnya, pengguna hanya perlu bergerak sesuai panduan arah kiblat yang ditunjukkan.

Salah satu aplikasi penentuan arah kiblat berteknologi AR yaitu aplikasi *Miqat : Prayer Times, Qiblah, and Hilal Visibility* yang diciptakan oleh Samer Joudi, seorang ahli teknologi geospasial dari Uni Emirates Arab. Aplikasi *Miqat* merupakan aplikasi untuk menentukan arah kiblat yang sangat populer di beberapa negara, dengan jumlah unduhan mencapai lebih dari 5.000.000 (satu juta). Aplikasi *Miqat* dapat diunduh di layanan konten digital milik Google yaitu Google Play Store maupun halaman web di Internet. Perhitungan arah kiblat dalam aplikasi *Miqat* menggunakan metode Vincenty yang merupakan rumus untuk menghitung azimuth dan jarak antara dua titik pada permukaan ellipsoid. Metode Vincenty memiliki nilai keakuratan 0,5 mm (0,020") di ellipsoid Bumi. Aplikasi *Miqat* memetakan hasil perhitungan arah kiblat menggunakan Google Maps untuk memungkinkan pengguna memverifikasi kiblat secara visual dengan bantuan hal-hal di sekitar mereka seperti bangunan dan jalan.

Dari paparan di atas, penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi AR merupakan suatu hal yang baru di masyarakat karena teknologi AR ini umumnya hanya dikenal oleh kalangan ahli teknologi informasi. Dengan adanya aplikasi *Miqat* yang memanfaatkan teknologi AR ini, masyarakat umum bisa mengenal dan merasakan kecanggihan teknologi AR, khususnya untuk menentukan arah kiblat. Namun,

¹⁵ Rochmad Gama Saputra, *Makalah Augmented Reality Sebagai Citra 3 Dimensi*. Departemen Ilmu Komputer Dan Elektronika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 2016.

tingkat akurasi dari penentuan arah kiblat ini memerlukan penelitian lanjutan agar dapat dimanfaatkan masyarakat dengan penuh tanggungjawab.

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian kualitatif bersifat deskriptif (*descriptive research*) dengan pendekatan lapangan (*field research*) yang bertujuan untuk mengetahui lebih detail tentang kajian aplikasi android Miqat dari segi teori, metode, perhitungan dan akurasinya dalam menentukan arah kiblat. Sumber data primer yang digunakan adalah data dari aplikasi Miqat serta wawancara dengan Samer Joudi, sedangkan data sekunder yang digunakan adalah literatur yang berkaitan dengan penentuan arah kiblat dan teknologi *Augmented Reality*. Metode analisis data yang dilakukan peneliti adalah dengan cara menentukan arah kiblat menggunakan fitur *3D Qibla* dalam aplikasi Miqat yang kemudian akan dikomparasikan dengan penentuan arah kiblat Istiwa'aini karya Slamet Hambali untuk mengetahui akurasinya dengan lokasi di Masjid Agung Jawa Tengah (MAJT).

Arah Kiblat dan Tingkat Keakurasiannya

Secara etimologis, kata kiblat berasal dari bahasa Arab yaitu *قبلة*. Kata *قبلة* merupakan salah satu bentuk masdar dari kata kerja *قبل – يقبل – قبلة* yang berarti menghadap.¹⁶ Kemudian pengertiannya dikhususkan pada suatu arah, dimana semua orang yang mendirikan shalat menghadap kepadanya.¹⁷ Kiblat yang mempunyai pengerian arah, berarti identik dengan kata *jihah* dan *syatrah*, 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.¹⁸ Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia dan Kamus Ilmiah Populer. Kiblat dimaknai sebagai arah atau tujuan.¹⁹ Ada yang mengartikan kiblat sebagai jurusan atau mata angin.²⁰ Maksud definisi tersebut mengarah pada makna kiblat sebagai arah ke

¹⁶ Ahmad Warson Munawir, *Al Munawir Kamus Arab-Indonesia*, (Surabaya: Pustaka Progressif, 1997), hlm. 1087-1088.

¹⁷ Ahmad Mustafa al-Maraghi, *Terjemah Tafsir al-Maraghi, Juz II, Penerjemah: Anshori Umar Sitanggal*, (Semarang: CV. Toha Putra, 1993), hlm. 2.

¹⁸ Moh. Murtadho, *Ilmu Falak Praktis*, (Malang: UIN-Malang Press, 2008), hlm. 123-124.

¹⁹ Leonardo D. Marsam, *Kamus Praktis Bahasa Indonesia*, (Surabaya: Cv. Karya Utama, 1983), hlm. 145.

²⁰ W.J.S Poerwadarminta, Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional, *Kamus Umum Indonesia*, (Jakarta: Balai Pustaka, 2006), hlm. 594

Ka'bah di Mekah pada saat shalat²¹ atau jurusan ke Ka'bah di Mekah, ke jurusan inilah kaum Muslimin harus menghadap setiap melakukan shalat lima kali sehari.²² Dalam al-Quran kata kiblat mempunyai dua arti, yaitu arah dan tempat.²³

Menurut istilah, pembicaraan tentang kiblat tidak lain berbicara tentang arah ke Ka'bah. Para ulama' bervariasi memberikan definisi tentang arah kiblat, antara lain:

1. Departemen Agama Republik Indonesia mendefinisikan sebagai suatu arah tertentu bagi kaum muslimin untuk mengarahkan wajahnya dalam melakukan shalat.²⁴
2. Abdul Aziz Dahlan dan kawan-kawan mendefinisikan kiblat sebagai bangunan Ka'bah atau arah yang dituju kaum Muslimin dalam melaksanakan sebagian Ibadah.²⁵
3. Harun Nasution dan kawan-kawan dalam Ensiklopedi Hukum Islam mengartikan bahwa kiblat adalah sebagai arah menghadap pada waktu shalat.²⁶
4. Mochtar Effendy mengartikan kiblat sebagai arah shalat, arah Ka,bah di kota Mekah.²⁷

Sementara itu terdapat ahli falak yang mengaitkan pengertian arah kiblat dengan paradigma bumi sebagai planet yang bulat sehingga seseorang menghadap kiblat hendaknya mengambil arah yang paling dekat. Hal ini didasarkan pada teori bumi bulat yang implikasinya antara “menghadap” dan “membelakangi” itu sama, yang membedakan hanyalah jarak tempuhnya. Pengertian arah kiblat yang mengaitkan dengan jarak tempuh dapat dilihat pada rumusan beberapa ulama' antara lain.²⁸

1. Slamet Hambali mengartikan arah kiblat adalah arah menuju Ka'bah (*Baitullah*) melalui jalur paling terdekat dan menjadi keharusan setiap muslim untuk

²¹ Departemen P & K, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, (Jakarta: Balai Pustaka, cet 2, 1989), hlm. 438.

²² Bumi Kurniawan, *Kamus Ilmiah Populer*, (Surabaya : CV. Citra Pelajar, t.th), hlm. 217.

²³ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis: Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: Pustaka al-Hilal, Cet-2, 2012), hlm. 18-19.

²⁴ Departemen Agama RI, *Ensiklopedia Islam*, (Jakarta : CV. Anda Utama, 1993), hlm. 629.

²⁵ Abdul Azis Dahlan, et al, *Ensiklopedi Hukum Islam*, (Jakarta: PT Ichtiar Baru Van Hoeve, Cet I, 1996), hlm. 944.

²⁶ Harun Nasution, et al, *Ensiklopedi Hukum Islam*, (Jakarta: Djambatan, 1992), hlm. 563.

²⁷ Mochtar Effendy, *Ensiklopedi Agama dan Filsafat, Volume 5*, (Palembang: Penerbit Universitas Sriwijaya, 2001), hlm. 49.

²⁸ Moh. Murtadho, *Ilmu Falak Praktis*, hlm. 125.

menghadap ke arah tersebut pada saat melakukan ibadah shalat di manapun berada di belahan dunia.²⁹

2. Ahmad Izzuddin mengartikan arah kiblat sebagai arah terdekat dari seseorang menuju Ka'bah dan setiap muslim wajib menghadap ke arahnya saat mengerjakan shalat.³⁰
3. Muhyiddin Khazin arah kiblat adalah arah atau jarak terdekat sepanjang lingkaran besar yang melewati kota Mekah (Ka'bah) dengan tempat kota yang bersangkutan, seperti Jakarta dengan arah yang terdekat dengan Mekah adalah arah barat serong ke utara.³¹

Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa definisi kiblat sebagai arah terdekat dari seseorang menuju Ka'bah di Mekah dihitung sepanjang lingkaran besar bola bumi dimana menghadap arah tersebut merupakan kewajiban bagi umat muslim yang mengerjakan shalat.

Dasar hukum menghadap kiblat dapat kita jumpai pada Q.S 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

Artinya: “Sungguh Kami (sering) melihat mukamu menengadahkan ke langit, maka sungguh Kami akan memalingkan kamu ke kiblat yang kamu sukai. Palingkanlah mukamu ke arah Masjidilharam. Dan dimana 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 Masjidilharam itu adalah benar dari Tuhannya; dan Allah sekali-kali tidak lengah dari apa yang mereka kerjakan.”³²

²⁹ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1 (Penentuan Awal Waktu Shalat dan Arah Kiblat seluruh Dunia)*, hlm. 167.

³⁰ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis ; Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), hlm. 20.

³¹ Muhyiddin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktiknya*, (Yogyakarta : Buana Pustaka, Cet ke-3, 2004), hlm. 48.

³² Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an & Tafsirnya; Jilid 1*, hlm. 221.

Ayat di atas memerintahkan umat Muslim untuk menghadap Ka'bah secara tepat ketika melakukan shalat baik yang melihat langsung maupun tidak langsung.³³ Perintah menghadap kiblat secara tersurat diperintahkan dengan teks قول وجهك شطر المسجد الحرام. Kata قول yang bermakna palingkanlah adalah *fi'il amar* yang maknanya perintah. Perintah memalingkan dalam ayat tersebut maknanya adalah memalingkan wajah dan anggota badan mengarah untuk menghadap ke kiblat.³⁴ Kemudian, dalam Q.S al-Baqarah [2] ayat 149 terdapat pengarahannya untuk menghadap ke Masjidil Haram di mana saja Nabi keluar dan di mana saja beliau berada disertai penegasan bahwa ketentuan ini benar-benar dari Allah. Juga disertai ancaman halus agar tidak terjadi kecenderungan untuk menyimpang dari kebenaran.³⁵ Allah mengulangi perintah menghadap kiblat sekali lagi, untuk menjelaskan bahwa menghadap kiblat adalah hal umum (biasa) di segala zaman dan tempat. Menghadap Masjidil Haram adalah suatu syari'at yang umum di segala waktu dan tempat. Engkau menghadap ke kiblat (Masjidil Haram) adalah suatu kebenaran yang sesuai dengan hikmat dan kemaslahatan yang datang dari Tuhanmu.³⁶ Firman Allah dalam Q.S al-Baqarah [2] ayat 150 :

وَمِنْ حَيْثُ خَرَجْتَ قَوْلًا وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ وَحَيْثُ مَا كُنْتُمْ فَوَلُّوا
وُجُوهَكُمْ شَطْرَهُ لِئَلَّا يَكُونَ لِلنَّاسِ عَلَيْكُمْ حُجَّةٌ إِلَّا الَّذِينَ ظَلَمُوا مِنْهُمْ فَلَا تَخْشَوْهُمْ
وَاحْشَوْنِي وَلَا تَمَنَّوْا عَلَيَّ وَلَا تَمَنَّوْا عَلَى الْكُفَّارِ وَالَّذِينَ ظَلَمُوا عَلَيْهِمْ وَلَعَلَّهُمْ يَتَّقُونَ

Artinya: “Dari mana pun kamu keluar, hadapkanlah wajahmu ke arah Masjidil Haram. Di mana pun kamu berada, hadapkanlah wajahmu ke arah itu agar tidak ada alasan bagi orang untuk menentangmu, kecuali orang-orang zalim. Jangan kamu takut pada mereka, tetapi takutlah kepada-Ku agar Aku sempurnakan nikmat-Ku kepadamu dan agar kamu mendapat petunjuk.”³⁷

Dalam ayat-ayat tersebut firman Allah dalam kata قول وجهك شطر المسجد الحرام disebutkan sampai tiga kali. Menurut Ibnu Abbas sebagaimana dikutip Ibnu Katsir, pengulangan tersebut berfungsi sebagai penegasan pentingnya menghadap kiblat (*ta'kid*).

³³ Abdul Halim Hasan, *Tafsir Al-Ahkam*, (Jakarta: Kencana Prenada Media Group, 2006), hlm. 18.

³⁴ Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat Dan Akurasinya*, hlm. 121.

³⁵ Sayyid Quthb, *Tafsir Fi Dhalil Qur'an, Juz I*, (Jakarta: Gema Insani, 2000), hlm. 165.

³⁶ Tengku Muhammad Hasbi as-Sidiqy, *Tafsir al-Qur'an al-Majid al-Nur, Jilid I*, (Jakarta: PT. Cakrawala Surya Prima, 2011), hlm. 149.

³⁷ Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an & Tafsirnya; Jilid I*, hlm. 229.

Sementara itu, menurut Fakhrudin al-Razi sebagaimana dikutip Ibnu Katsir, pengulangan tersebut menunjukkan fungsi yang berbeda-beda. Pada surat al-Baqarah ayat 144, ungkapan tersebut ditujukan kepada orang-orang yang dapat melihat Kakbah, sedangkan pada surat al-Baqarah ayat 149, ungkapan tersebut ditujukan kepada orang-orang yang berada di luar Masjid al-Haram. Sementara itu, pada surat al-Baqarah ayat 150, ungkapan tersebut ditujukan kepada orang-orang yang berada di negeri-negeri yang jauh.³⁸

Dasar hukum menghadap kiblat menurut Al-Hadits, dapat kita jumpai dalam Hadits Riwayat Muslim yang artinya sebagai berikut :

“Ber cerita Abu Bakar bin Abi Syaibah, bercerita Hammad bin Salamah, dari Tsabit dari Annas: Bahwa sesungguhnya Rasulullah SAW pada suatu hari sedang shalat dengan menghadap Baitul Maqdis, kemudian turunlah ayat “Sesungguhnya Aku melihat mukamu sering menengadah ke langit, maka sungguh kamu palingkan mukamu ke kiblat yang kamu kehendaki. Palingkanlah mukamu ke arah Masjidil Haram” kemudian ada seseorang dari Bani Salamah berpergian, menjumpai sekelompok sahabat sedang ruku’ pada shalat fajar. Lalu ia menyeru, “Sesungguhnya kiblat telah berubah” Lalu mereka berpaling seperti kelompok Nabi yakni ke arah kiblat.”

Al-Hafiz dalam *Fath al-Bari* menjelaskan bahwa penggantian kiblat itu diterima Nabi SAW di kala salat Dzuhur. Tersiarinya berita ke seluruh kota Madinah di kala telah masuk waktu asar, dan sampainya berita itu ke Quba (suatu kampung yang jauhnya 3 mil dari Madinah), adalah pada salat subuh besoknya. Ubbad bin Basyar dari bani Salamah, yang menyampaikan kepada penduduk Quba. Ubbad berkata kepada mereka bahwanya ia telah salat beserta Nabi SAW menghadap ke arah Ka’bah, tidak lagi menghadap ke arah Baitul Maqdis. Di kala orang yang sedang salat itu, mendengar katanya, berpalinglah mereka ke arah Ka’bah.³⁹

Pada awalnya, kiblat mengarah ke Baitul Maqdis atau Masjidil Aqsa Jerussalem di Palestina. Namun, pada tahun 624 M ketika Nabi Muhammad SAW hijrah ke Madinah, arah kiblat berpindah ke arah Ka’bah di Mekah hingga kini atas petunjuk wahyu dari

³⁸ Ibn Katsir, *Tafsir al-Qur’an al-‘Azhim, Jilid I*, (Beirut: Dar al-Fikr, 1992), hlm. 243.

³⁹ Imam al-Hafiz Ahmad bin Ali bin Hajar al-Asqalani, *Fath al-Bari, Juz I*, (Beirut: Dar al-Fikr, t.t), hlm. 506.

Allah SWT. Beberapa ulama berpendapat bahwa turunnya wahyu perpindahan kiblat ini karena perselisihan Rasulullah SAW di Madinah.⁴⁰

Para ulama telah sepakat tentang Ka'bah sebagai kiblat seluruh umat Islam dalam melakukan kewajiban ibadah shalat, akan tetapi dalam tataran teknis dan tata laksana menghadap kiblat terdapat varian perbedaan pendapat, terutama pada teritorial daerah yang jauh dari Ka'bah. Sebaliknya, pada daerah yang jauh hingga tidak tampak bentuk fisik Ka'bah para ulama masih berbeda pendapat tentang teknis menghadap kiblatnya.⁴¹ Setidaknya ada dua versi pendapat di kalangan ulama, yaitu :

1. Pendapat Ulama Syafi'i dan Hambali. Menurut keduanya, yang wajib adalah ke *ainul Ka'bah*. Dan bagi orang yang tidak bisa melihat Ka'bah secara langsung, maka ia harus menyengaja menghadap ke arah di mana Ka'bah berada walaupun pada hakikatnya ia menghadap jihatnya saja. Sehingga yang menjadi kewajiban adalah menghadap ke arah Ka'bah persis dan tidak cukup menghadap ke arahnya saja.⁴²
2. Pendapat Ulama Hanafi dan Maliki. Menurut keduanya, yang wajib adalah cukup *jihatul Ka'bah*, jadi bagi orang yang dapat menyaksikan Ka'bah secara langsung maka harus menghadap pada *ainul Ka'bah*, jika ia berada jauh dari Mekah maka cukup dengan menghadap ke arahnya saja (tidak mesti persis), jadi cukup dengan persangkaannya bahwa disanalah kiblat.⁴³

Ilmu Falak mempunyai konsep menghadap arah kiblat berdasarkan posisi manusia di Bumi. Mengingat bahwa setiap titik di permukaan Bumi ini berada di permukaan bola Bumi maka perhitungan arah kiblat dilakukan dengan rumus segitiga bola (*Spherical Trigonometry*).⁴⁴ Untuk perhitungan arah kiblat, ada tiga titik yang diperlukan, yaitu:

- a. Titik A, terletak di lokasi yang diinginkan arah kiblatnya
- b. Titik B, terletak di Kakbah yang berada di Kota Mekah

⁴⁰ Ahmad Izzan dan Iman Saifullah. *Studi Ilmu Falak Cara Mudah Belajar Ilmu Falak*, (Banten: Pustaka Aulia Media, cet ke-1, 2013), h. 98.

⁴¹ Moh. Murtadho, *Ilmu Falak Praktis*, hlm. 132.

⁴² Abdurrahman bin Muhammad Awwad Al-Jaziry, *Kitabul Fiqh Ala Madzahibil Arba'ah*, (Beirut: Dar Ihya At tyrats Al araby, 1699), hlm. 177.

⁴³ Muhammad Ali As Shabuni, *Tafsir Ayat Ahkam As Shabuni*, (Surabaya: Bina Ilmu, 1983), hlm. 82.

⁴⁴ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta : Buana Pustaka, Cet ke-3, 2004), hlm. 52.

c. Titik C, terletak di titik kutub utara

Titik B dan titik C adalah titik yang tetap, karena titik B berada di Ka'bah dan titik C berada di titik utara. Titik A senantiasa berubah sesuai tempat mana yang akan dihitung arah kiblatnya. Ketiga sisi segitiga ABC diberi nama dengan huruf kecil dari nama sudut di depannya.⁴⁵

- a. Sisi BC diberi nama sisi a karena di depan sudut A
- b. Sisi AC diberi nama sisi b karena di depan sudut B
- c. Sisi AB diberi nama sisi c karena di depan sudut C

Perhitungan arah kiblat dapat menggunakan rumus berikut:⁴⁶

$$\begin{aligned} \text{Cot } c &= \text{Cos } b \times \text{Cos } c = \text{Sin } b \times \text{Cotg } a - \text{Sin } c \times \text{Cotg } A \\ &= \text{Cos } b \times \text{Cos } c = \frac{\text{Sin } b \times \text{Cotg } a - \text{Sin } c \times \text{Cotg } A}{\text{Sin } c} \\ &= \frac{\text{Cos } b \times \text{Cos } c}{\text{Sin } c} = \frac{\text{Sin } b \times \text{Cotg } a - \text{Sin } c \times \text{Cotg } A}{\text{Sin } c} \\ &= \text{Cos } b \times \text{Cotg } c = \frac{\text{Sin } b \times \text{Cotg } a - \text{Cotg } A}{\text{Sin } c} \end{aligned}$$

$$\text{Cotg } B = \frac{\text{Sin } b \times \text{Cotg } a - \text{Cos } b \times \text{Cotg } c}{\text{Sin } c}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} a &= (90^\circ - \Phi B) b &= (90^\circ - \Phi A) \\ c &= (\lambda A - \lambda B) \end{aligned}$$

Keterangan :

$\text{Cos } (90^\circ - \Phi A) = \text{Sin } \Phi A$

$\text{Cotg } (90^\circ - \Phi B) = \text{Tg } \Phi B$

$\text{Sin } (90^\circ - \Phi A) = \text{Cos } \Phi A$

$$\frac{\text{sin } (90^\circ - \Phi A) \times \text{cotg } (90^\circ - \Phi B) - \text{cos } (90^\circ - \Phi A) \times \text{cotg } (\lambda A - \lambda B)}{\text{sin } (\lambda A - \lambda B)}$$

atau

$$\text{Arah Kiblat} = \frac{\text{Cotg } B = \text{Cos } \Phi A \text{ Tg } \Phi B - \text{Sin } \Phi A \times \text{Cotg } (\lambda A - \lambda B)}{\text{Sin } (\lambda A - \lambda B)}$$

Dalam kamus bahasa Indonesia, kata akurat memiliki arti tepat benar. Kata akurat yang sering dipakai dalam hasil perhitungan hisab mempunyai arti : teliti, seksama,

⁴⁵ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik*, hlm. 53.

⁴⁶ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1; Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia*, hlm. 35.

cermat, tepat benar. Apabila kata akurat digunakan untuk kata “arah kiblat yang akurat”, maka dapat dimaknai bahwa arah kiblat yang dimaksud adalah tepat benar, yaitu benar-benar mengarah ke arah Ka’bah.

Sampai saat ini, ada tiga teori besar yang digunakan untuk mengetahui azimut atau arah kiblat suatu tempat di permukaan bumi, yaitu teori navigasi, teori segitiga bola, dan teori geodesi. Teori-teori tersebut berpatokan pada dua acuan yaitu arah yang mengacu pada garis yang memiliki arah konstan yang disebut *loxodrom* dan arah arah yang mengacu pada garis yang memiliki arah yang tidak konstan yang disebut dengan *orthodrom*. *Loxodrom* adalah acuan arah yang digunakan dalam teori navigasi. Adapun *orthodrom* merupakan acuan arah yang digunakan dalam teori trigonometri dan teori geodesi. Perbedaan antara teori trigonometri dan geodesi adalah bahwa pada teori trigonometri paradigma yang digunakan adalah bahwa bumi berbentuk bulat seperti bola (*sphere*) adapun pada teori geodesi paradigma yang digunakan adalah bahwa bumi berbentuk elips (*ellipsoid*). Dari perbandingan perhitungan teori arah kiblat yaitu yang mengacu pada garis *orthodrom* (teori trigonometri bola dan teori geodesi) dan garis *loxodrome* (teori navigasi), maka teori yang paling tepat dan akurat dalam perhitungan arah kiblat yaitu menggunakan garis *orthodrom*, yakni teori geodesi dengan konsep bentuk bumi yang lebih mendekati *ellipsoid*.⁴⁷

Indonesia secara geografis terletak di antara garis lintang 6° LU dan 11° LS serta garis bujur 95° BT dan 141° BT. Rentang nilai arah kiblat Indonesia bervariasi dari azimuth 290° hingga 296°. Nilai terkecil yakni azimuth 290° 09, berada di Kota Merauke (ibu kota Kabupaten Merauke, Papua). Sementara nilai terbesar yakni azimuth 293°33’, berada di Kota Manna (ibu kota Kabupaten Bengkulu Selatan, Bengkulu). Dengan demikian, bagi seluruh wilayah Indonesia memiliki selisih azimuth kiblat 5°24’.⁴⁸

Slamet Hambali dalam laporan penelitian individualnya yang berjudul “Menguji Tingkat keakuratan Hasil Pengukuran Arah Kiblat Menggunakan Istiwa’aini Karya Slamet Hambali” membagi tingkat akurat dalam pengukuran arah kiblat menjadi 4 kategori, yaitu :

⁴⁷ Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap MetodeMetode Penentuan Arah Kiblat Dan Akurasinya*, hlm. 145-146.

⁴⁸ Marufin Sudibyo, *Sang Nabi Pun Berputar; Arah Kiblat Dan Tata Cara Pengukurannya*, hlm. 138139.

- a. Sangat akurat, bilamana hasil pengukuran arah kiblat berhasil memperoleh arah kiblat yang benar-benar tepat ke arah Ka'bah (Masjidil Haram).
- b. Akurat, bilamana hasil pengukuran arah kiblat selisih/perbedaan tidak keluar dari kriteria Prof. Dr. Thomas Djameluddin yang menganggap nilai kemelencengan $0^{\circ}42'46,43''$ masih masuk dalam kategori akurat.
- c. Kurang akurat, bilamana hasil pengukuran arah kiblat terjadi kemelencengan antara $0^{\circ}42'46,43''$ sampai dengan $22^{\circ}30'$, hal ini dikarenakan kemelencengan arah kiblat untuk wilayah Indonesia yang melebihi nilai $22^{\circ}30'$ akan cenderung mengarah ke arah barat lurus.
- d. Tidak akurat, bilamana hasil pengukuran arah kiblat terjadi kemelencengan diatas $22^{\circ}30'$, hal ini dikarenakan kemelencengan diatas $22^{\circ}30'$ arah kiblat untuk wilayah Indonesia akan cenderung condong ke arah selatan dari titik barat.

Thomas Djameluddin mempunyai pendapat bahwa simpangan arah kiblat bukan dari simpangan terhadap Ka'bah, melainkan diukur di titik posisi kita, karena semakin jauh dari Ka'bah, maka semakin sulit menjadikan diri kita akurat arahnya. Arah kiblat adalah arah menghadap, jadi simpangannya yang diperbolehkan adalah simpangan yang tidak signifikan mengubah arah secara kasat mata, termasuk pada garis shaf masjid atau mushala. Untuk itu, menurut Thomas Djameluddin simpangan kurang lebih sebesar 2 derajat masih dalam batas toleransi.⁴⁹

Augmented Reality dan Cara Kerjanya

Realitas tertambah, atau dalam bahasa Inggrisnya disebut sebagai *augmented reality*, adalah teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi dan ataupun tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut dalam waktu nyata.⁵⁰ Menurut Soha Maad, *augmented reality* adalah sebuah teknologi untuk memunculkan dan mengintegrasikan benda virtual ke dalam dunia nyata.⁵¹ Ronald T. Azuma mendefinisikan *augmented reality (AR)* sebagai

⁴⁹ Thomas Djameluddin, Arah Kiblat Tidak Berubah, <https://tdjamluddin.wordpress.com/2010/05/25/arah-kiblat-tidak-berubah/>, Diakses pada hari Senin, 21 November 2022 Puku 09. WIB.

⁵⁰ Julie A. Jacko, *Handbook of Research on Ubiquitous Computing Technology for Real Time Enterprises*. (CRC Press, 2003). hlm. 459.

⁵¹ Soha Maad, *Augmented Reality*, (India : Intech, 2010) hlm. 5.

penggabungan benda-benda nyata dan maya di lingkungan nyata, berjalan secara interaktif dalam waktu nyata, dan terdapat integrasi antar benda dalam tiga dimensi, yaitu benda maya terintegrasi dalam dunia nyata.⁵²

AR merupakan variasi dari *Virtual Environments* (VE), atau yang lebih dikenal dengan istilah *Virtual Reality* (VR). Teknologi VR membuat pengguna tergabung dalam sebuah lingkungan virtual secara keseluruhan. Ketika tergabung dalam lingkungan tersebut, pengguna tidak bisa melihat lingkungan nyata di sekitarnya. Sebaliknya, AR memungkinkan pengguna untuk melihat lingkungan nyata, dengan objek virtual yang ditambahkan atau tergabung dengan lingkungan nyata. Tidak seperti VR yang sepenuhnya menggantikan lingkungan nyata, AR sekedar menambahkan atau melengkapi lingkungan nyata.⁵³

Penggabungan benda nyata dan maya dimungkinkan dengan teknologi tampilan yang sesuai, interaktivitas dimungkinkan melalui perangkat-perangkat input tertentu⁵⁴, dan integrasi yang baik memerlukan penjejakkan yang efektif. Selain menambahkan benda maya dalam lingkungan nyata, AR juga berpotensi menghilangkan benda-benda yang sudah ada. Menambah sebuah lapisan gambar maya dimungkinkan untuk menghilangkan atau menyembunyikan lingkungan nyata dari pandangan pengguna. Misalnya, untuk menyembunyikan sebuah meja dalam lingkungan nyata, perlu digambarkan lapisan representasi tembok dan lantai kosong yang diletakkan di atas gambar meja nyata, sehingga menutupi meja nyata dari pandangan pengguna.⁵⁵

⁵² Ronald T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality". *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. Vol. 6 No. 4 Agustus 1997, hlm. 355–385.

⁵³ Ari Budiyanto, *Teknologi Augmented Reality Dan Face Tracking Sebagai Media Simulasi Kacamata Virtual (Studi Kasus : Optik Pelita Yogyakarta)*, (Yogyakarta : Naskah Publikasi Jurusan Teknik Informatika Sekolah Tinggi Manajemen Informatika Dan Komputer Amikom Yogyakarta, 2011), hlm. 2.

⁵⁴ Michael Haller, *Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces and Design*, (London: Idea Group Publishing, 2007), hlm. 24.

⁵⁵ Wikipedia, *Realitas Tertambah*, diakses dari https://id.wikipedia.org/wiki/Realitas_tertambah, pada tanggal 15 Juli 16.24 WIB.



Gambar 1. Konsep *Kontinuum Virtualitas*⁵⁶

Milgram dan Kishino merumuskan kerangka kemungkinan penggabungan dan peleburan dunia nyata dan dunia maya ke dalam sebuah *kontinuum virtualitas*.⁵⁷ Sisi yang paling kiri adalah lingkungan nyata yang hanya berisi benda nyata, dan sisi paling kanan adalah lingkungan maya yang berisi benda maya. Dalam realitas tertambah, yang lebih dekat ke sisi kiri, lingkungan bersifat nyata dan benda bersifat maya, sementara dalam *augmented virtuality* atau virtualitas tertambah, yang lebih dekat ke sisi kanan, lingkungan bersifat maya dan benda bersifat nyata. Realitas tertambah dan virtualitas tertambah digabungkan menjadi *mixed reality* atau realitas campuran. AR dapat diaplikasikan untuk semua indra, termasuk pendengaran, sentuhan, dan penciuman. Selain digunakan dalam bidang-bidang seperti kesehatan, militer, industri manufaktur, realitas tertambah juga telah diaplikasikan dalam perangkat-perangkat yang digunakan oleh orang banyak, seperti pada telepon genggam.⁵⁸

Teknologi AR merupakan teknologi yang belum banyak dikenal. Tujuan utama AR adalah menghadirkan sensasi objek virtual yang hadir dalam dunia nyata. Untuk mencapainya yaitu dengan menggabungkan perangkat VR ke dunia nyata.. Sedangkan VR sudah tidak mungkin untuk melakukannya. Oleh karena itu, AR adalah teknologi yang paling efektif jika ditambahkan unsur-unsur *virtual* di dalamnya.⁵⁹

Cara Kerja Teknologi *Augmented Reality* yaitu dengan membuat marker/penanda sebagai sebuah komponen penting dalam pengelolaan aplikasi *Augmented Reality* (AR). Marker berfungsi untuk menerjemahkan obyek yang akan ditampilkan pada tampilan. Marker akan dikenali oleh kamera *webcam* atau pun kamera *smartphone* sebagai bentuk

⁵⁶ Wikipedia, *Realitas Tertambah*, diakses dari https://id.wikipedia.org/wiki/Realitas_tertambah, pada tanggal 15 Juli 16.24 WIB.

⁵⁷ Julie A. Jacko, *Handbook of Research on Ubiquitous Computing Technology for Real Time Enterprises*. (CRC Press, 2003). hlm. 258–259.

⁵⁸ Wikipedia, *Realitas Tertambah*, diakses dari https://id.wikipedia.org/wiki/Realitas_tertambah, pada tanggal 15 Juli 16.24 WIB.

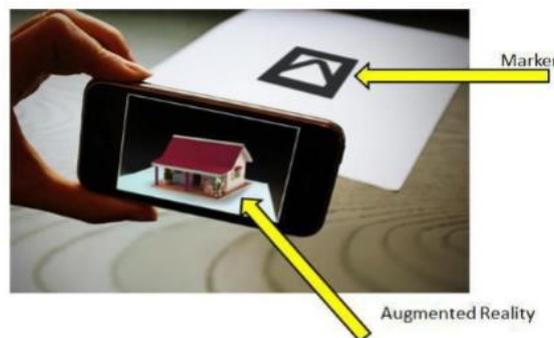
⁵⁹ Ari Budiyanto, *Teknologi Augmented Reality Dan Face Tracking Sebagai Media Simulasi Kacamata Virtual (Studi Kasus : Optik Pelita Yogyakarta)*, hlm. 3.

simbol objek nyata yang akan menjadi perantara antara perangkat dengan model 3D dari setiap objek *Augmented Reality* (AR).⁶⁰

Ada tiga metode dalam penggunaan Marker, yaitu:

1) *Marker Based Augmented Reality*

Marker ini biasanya merupakan suatu ilustrasi hitam dan putih persegi dengan batas hitam tebal dan latar belakang yang berwarna putih, pada penelitian ini menggunakan marker yang berisi pola dari gambar binatang . Pada komputer anda dapat mengenali posisi dan orientasi objek marker tersebut dan menciptakan sebuah dunia *virtual* 3D yaitu titik (0,0,0) dan sumbu yang terdiri dari X,Y dan Z. *Marker Based Tracking* ini sudah lama dikembangkan mulai sejak tahun 1980an dan mulai dikembangkan dalam penggunaan *Augmented Reality*.⁶¹



Gambar 2. *Marker Based Augmented Reality*⁶²

2) *Markerless Augmented Reality*

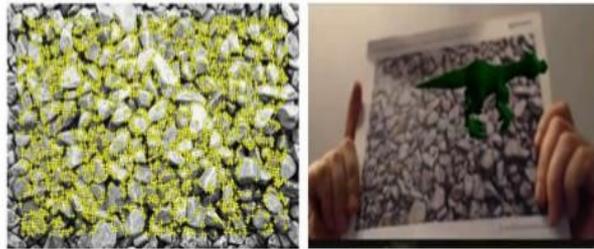
Markerless Tracking pada *Augmented Reality* merupakan salah satu metode *Augmented Reality* tanpa menggunakan *frame marker* sebagai objek yang dideteksi. Dengan adanya marker jenis ini, maka penggunaan marker sebagai *tracking object*(objek yang dilacak) yang selama ini menghabiskan ruang, akan digantikan dengan gambar, atau permukaan apapun yang berisi dengan tulisan, logo agar dapat langsung melibatkan objek yang dilacak tersebut sehingga dapat terlihat

⁶⁰ Kurniawan Teguh Martono dan Rinta Kridalukmana, *Mobile Augmented Reality Jurusan Sistem Komputer Universitas Diponegoro Berbasis Android (MARSISKOM)*, (Semarang : Jurnal Sistem Komputer Universitas Diponegoro Vol.4 No. 1, Mei 2014), hlm. 17-18.

⁶¹ Marco Karim Solin, *Implementasi Augmented Reality Pada Perancangan Sistem Katalog Digiprocreative Berbasis Android*, (Sumatera Utara: Skripsi Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Sumatera Utara, 2014), hlm. 21-22.

⁶² Suhaili Hamdi, *Implementasi Augmented Reality Dalam Pembuatan Media Informasi Wisata Sejarah Kota Medan Pada Platform Android*, (Sumatera Utara: Skripsi Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Sumatera Utara, 2016), hlm. 8.

hidup dan interaktif, juga tidak lagi mengurangi efisiensi ruang dengan adanya *marker* . Dalam perkembangannya, terdapat tiga teknologi dalam *Markerless Based Tracking* seperti *Face Tracking*, *3D Object Tracking*, dan *Motion Tracking*.⁶³



Gambar 3. *Markerless Augmented Reality*⁶⁴

3) *GPS Based Tracking*

GPS Based Tracking merupakan teknologi augmented reality yang bekerja dengan memanfaatkan fitur GPS dan Kompas yang ada dalam smartphone. Aplikasi akan mengambil data dari GPS dan Kompas kemudian menampilkan bentuk arah yang diinginkan secara *real time*, bahkan ada beberapa aplikasi yang menampilkannya dalam 3D. ⁶⁵



Gambar 4. *GPS Based Tracking*⁶⁶

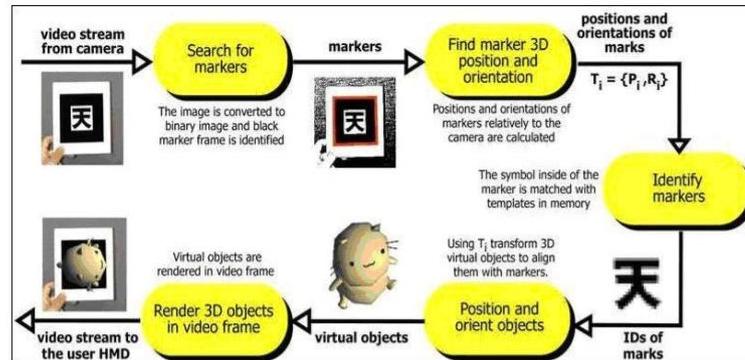
⁶³ Yoze Rizki, *Markerless Augmented Reality Pada Perangkat Android*, (Surabaya : Proceeding Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Surabaya, 2012), hlm. 2.

⁶⁴ Suhaili Hamdi, *Implementasi Augmented Reality Dalam Pembuatan Media Informasi Wisata Sejarah Kota Medan Pada Platform Android*, hlm. 9.

⁶⁵ Monster AR, Mengenal Jenis-Jenis Dari Teknologi Augmented Reality, diakses dari <https://www.monsterar.net/2017/08/08/mengenal-jenis-augmented-reality/>, pada tanggal 16 Juli 2019 Pukul 10.00 WIB.

⁶⁶ Locatify, *Location Based Augmented Reality Apps (AR&RTLS)*, diakses dari <https://www.locatify.com/blog/location-based-augmented-reality-apps-2017-rlts-ar/>, pada tanggal 16 Juli 2019 Pukul 13.10 WIB.

Adapun prinsip kerja *Augmented Reality* (AR) dalam mengolah data dan menampilkan gambar 3D adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Prinsip kerja Augmented Reality⁶⁷

- 1) Kamera menangkap data dari marker dalam dunia nyata dan mengirimkan informasinya ke komputer.
- 2) Software pada komputer akan melacak bentuk kotak dari marker dan mendeteksi berapa video framenya.
- 3) Bila kotak telah ditemukan, maka software menggunakan perhitungan matematis untuk menghitung posisi dari kamera relative terhadap kotak hitam pada marker.
- 4) Setelah dikalkulasi maka model grafis akan dimunculkan pada posisi yang sama dan berada di dalam lingkup kotak hitam, lalu ditampilkan ke layar untuk melihat grafis dalam dunia nyata.⁶⁸

Aplikasi Miqat merupakan aplikasi yang berguna mengetahui waktu shalat, arah kiblat, dan visibilitas hilal dengan dibekali teknologi *augmented reality*. Aplikasi Miqat ini menggunakan metode *Markerless Augmented Reality* berbasis *GPS Based Tracking* yang memadukan teknologi *augmented reality* dengan GPS secara real time.

Biografi Samer Joudi

Samer Joudi merupakan seorang Spesialis Teknologi Geospasial atau Sistem Informasi Geografis yang lahir di Suriah pada tahun 1970. Samer Joudi merupakan lulusan Sarjana Arsitektur pada tahun 1994 di Universitas Aleppo, Suriah. Kemudian

⁶⁷ Muchlisin Riadi, *Augmented Reality (AR)*, diakses dari <https://www.kajianpustaka.com/2017/08/augmented-reality-ar.html> diakses pada hari Kamis 18 Juli 2019 Pukul 14.10 WIB.

⁶⁸ Muchlisin Riadi, *Augmented Reality (AR)*, diakses dari <https://www.kajianpustaka.com/2017/08/augmented-reality-ar.html> diakses pada hari Kamis 18 Juli 2019 Pukul 14.10 WIB.

Samer Joudi melanjutkan kuliah pada tahun 2013 sampai 2015 di Universitas *Strathclyde*, Inggris dan mendapatkan gelar *Master of Business Administration* (MBA) dengan Distingsi. Pada tahun 2018, Samer Joudi belajar mengenai Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligent*): Implikasi Untuk Strategi Bisnis di Pendidikan Eksekutif Institut Teknologi *Massachussetts*, Amerika Serikat.⁶⁹ Berikut adalah riwayat pekerjaan dari Samer Joudi :

- 1) Insinyur di Organisasi Umum Pengembangan Tanah di Aleppo, Suriah pada tahun 1955.
- 2) Bekerja paruh waktu sebagai Insinyur CAD (*Computer Aided Design*) / GIS (*Geographic Information System*) di Kantor Layanan Informatika (Perusahaan Kanada-Suriah), Aleppo, Suriah pada tahun 1997 hingga 1999.
- 3) Spesialis di *Deutsche Gesellschaft untuk Technische Zusammenarbeit* (GTZ) GmbH. Aleppo, Suriah pada tahun 1998 hingga 1999.
- 4) Manajer dan Pengembang di Kontraktor Bangunan Baja Amana Zamil, Dubai, Uni Emirates Arab pada tahun 1999 hingga 2000
- 5) Analis Departemen Jalan - Kotamadya Dubai, Uni Emirats Arab pada tahun 2000 hingga 2005.
- 6) Kepala Analis Otoritas Jalan dan Transportasi, Dubai, Uni Emirates Arab pada tahun 2005 hingga 2010.
- 7) Konsultan senior GPC-GIS (*The Geograpic Planning Collaborative - Global Information Solutions*) di Pusat Informasi dan Sistem Abu Dabhi (ADSIC), Abu Dhabi, Uni Emirates Arab pada tahun 2010 hingga 2017.
- 8) Manajer Kecerdasan Buatan di Otoritas Jalan dan Transportasi, Dubai, Uni Emirates Arab pada tahun 2017 hingga 2018.
- 9) Kepala Spesialis Otoritas Jalan dan Transportasi, Dubai, Uni Emirates Arab pada tahun 2018 hingga saat ini.⁷⁰

Samer Joudi telah mendapat beberapa penghargaan di bidang teknologi Informasi, seperti:

⁶⁹ Wawancara dengan Samer Joudi via layanan pesan elektronik www.gmail.com pada hari Sabtu, 23 Maret 2019 Pukul 16.00 WIB.

⁷⁰ Wawancara dengan Samer Joudi via layanan pesan elektronik www.gmail.com pada hari Sabtu, 23 Maret 2019 Pukul 16.00 WIB.

- 1) Penghargaan dari Program Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) untuk Majalah CAD, GIS, & GPS pada tahun 2005 sebagai “*eContent* Terbaik di Uni Emirat Arab”.
- 2) Penghargaan dari Uni Emirates Arab Web untuk Majalah CAD, GIS, & GPS pada tahun 2006 sebagai “Situs Web Terbaik di Uni Emirat Arab”.
- 3) Penghargaan dari Pan Arab Web untuk Majalah CAD, GIS, & GPS pada tahun 2007 sebagai “Situs Web Terbaik di Dunia Arab”.⁷¹

Samer Joudi telah menerbitkan buku karyanya yang berjudul “*Mastering Coordinates: The Complete Guide for GIS Professionals*” atau jika diterjemahkan berarti Menguasai Koordinat: Panduan Lengkap untuk Profesional GIS (*Geographic Information System*). Selain itu, Samer juga telah menerjemahkan beberapa buku, seperti : *Dubai Discovered* (Dubai Ditemukan) , *Dubai Street Atlas Explorer* (Penjelajah Peta Jalan Dubai), *Dubai: Tomorrows City Today* (Dubai : Kota Esok Hari Ini), dan *Sharjah's Architectural Splendor* (Kemegahan Arsitektur Sharjah).

Prestasi lain Samer Joudi yaitu sebuah aplikasi Android bernama “*Miqat : Prayer Times, Qiblah, and Hilal Visibility*” yang dapat membantu seseorang untuk mengetahui waktu shalat, arah kiblat, dan visibilitas hilal dengan dibekali berbagai fitur menarik dan berteknologi *Augmented Reality*.⁷²

Aplikasi Miqat dan Hasil Penentuan Arah Kiblatnya



Gambar 6. Logo Aplikasi Miqat

Aplikasi *Miqat : Prayer Times, Qiblah, and Hilal Visibility* atau disingkat Aplikasi Miqat, adalah aplikasi android yang berfokus pada penentuan arah kiblat berteknologi *augmented reality* atau AR. Latar belakang diciptakannya aplikasi ini karena

⁷¹ Wawancara dengan Samer Joudi via layanan pesan elektronik www.gmail.com pada hari Sabtu, 23 Maret 2019 Pukul 16.00 WIB.

⁷² Wawancara dengan Samer Joudi via media pesan elektronik www.gmail.com pada hari Sabtu, 23 Maret 2019 Pukul 16.00 WIB.

pengembang menemukan bahwa ada banyak masalah dalam memahami sistem koordinat. Contohnya seperti masalah ketidakcocokan antara data pada gambar, peta, atau citra satelit. Kesalahpahaman tersebut disebabkan oleh peta itu sendiri. Peta yang sangat populer menggunakan proyeksi silindris yang mendistorsi peta dan membuat orang berpikir bahwa arah antara dua lokasi hanyalah garis lurus di antara mereka. Tapi hal ini sepenuhnya salah, proyeksi silinder mendistorsi bagian utara dan selatan dunia sehingga bumi dicetak pada persegi panjang, tetapi tepi atas dan bawah persegi panjang hanya kutub utara dan selatan (titik) yang sebenarnya menjadi garis sepanjang garis khatulistiwa.

Untuk memahami arah ke lokasi manapun, kita memerlukan proyeksi azimut yang menempatkan target di tengah-tengah proyeksi kemudian untuk mengetahui arah ke target kita cukup menggambar garis lurus antara lokasi kita dan target. Untuk menghitung arah antara dua lokasi, dapat menggunakan rumus Vincenty yang sangat akurat karena menggunakan konsep bumi yang ellipsoid. Rumus Vincenty akan menunjukkan berapa derajat seseorang harus memutar tubuh ke kanan atau kiri dari utara sebenarnya untuk menghadapi lokasi lain.

Untuk menentukan Arah Kiblat menggunakan aplikasi AR Qibla Finder ini diperlukan beberapa persyaratan, antara lain:

- a. Memberikan izin pada aplikasi Ini untuk mengakses Lokasi (*Global Positioning System* atau GPS) dan Kamera pada *Smartphone* android. Perizinan akses lokasi diperlukan agar aplikasi Ini dapat melakukan olah data arah kiblat, waktu shalat, dan visibilitas hilal yang berkaitan dengan koordinat lintang, bujur, dan ketinggian tempat pengguna. Untuk mendapatkan data yang akurat, pengguna dapat mengatur GPS menjadi akurasi tinggi pada pengaturan telepon. Selain itu, untuk mendapatkan akurasi GPS yang tinggi, diperlukan koneksi internet yang baik dan stabil.
- b. Sementara perzinan akses kamera diperlukan agar aplikasi ini dapat menampilkan fitur *3D Qibla* yang memiliki teknologi *augmented reality* dengan baik.
- c. *Smartphone* hendaknya memiliki sensor *Magnetic*, *Gyroscope*, *3D Orientation*, dan *Magnetometer*.

Dengan tersedianya sensor *magnetic*, aplikasi Ini dapat menunjukkan garis kiblat yang menghubungkan antara koordinat pengguna dengan koordinat Kakbah

sesuai dengan arah mata angin pada fitur *Qibla Map*. Selain itu, sensor *magnetic* juga digunakan untuk menunjukkan garis kiblat pada Gambar 3D Kakbah pada fitur *3D Qibla*. Jika *smartphone* sama sekali tidak disertai kompas (seperti Samsung J7), maka cukup memutar perangkat sendiri dan menyelaraskan peta dengan bangunan dan jalan-jalan untuk menemukan Kiblat yang tepat.³⁷ Untuk mendapatkan akurasi yang tinggi, pengguna disarankan untuk melakukan kalibrasi kompas *smartphone* terlebih dahulu.

Sensor *Gyroscope* berguna untuk mendeteksi pergerakan *smartphone*. Dalam aplikasi ini, sensor *Gyroscope* berguna untuk mendeteksi arah atas, bawah, kiri, kanan, maju, mundur, gerakan rotasi, dan lain sebagainya. Sensor *3D Orientation* berguna untuk mengetahui orientasi ponsel dan mendeteksi posisi dari *smartphone* apakah dalam mode *landscape* atau *portrait*. Sementara sensor *Magnetometer* berguna untuk mengetahui benda manakah yang memancarkan medan magnet kuat, lemah, atau tidak.^{38,39}

- d. *Smartphone* mendukung aplikasi *Open GL ES* minimal versi 2.0 hingga yang terbaru.³⁹

Open GL adalah singkatan dari *Open Graphics Library*, adalah platform-independen *Application Programming Interface* (API) yang memungkinkan seseorang membuat grafis 3D yang dipercepat dengan hardware. *OpenGL ES*, singkatan dari *OpenGL* untuk *Embedded Systems*, adalah bagian dari API. *OpenGL ES* adalah API tingkat rendah. Dengan kata lain, ia tidak menawarkan metode apapun yang memungkinkan anda membuat atau memanipulasi objek 3D dengan cepat. Sebagai gantinya, saat bekerja dengannya, anda diharapkan mengelola pekerjaan secara manual seperti membuat simpul individu dan wajah benda 3D, menghitung berbagai transformasi 3D, dan menciptakan berbagai jenis *shader*.⁴⁰

³⁸ Inpomu, *Berbagai Macam Sensor Dan Fungsinya*, diakses dari <https://inpomu.blogspot.com/2016/01/berbagai-macam-sensor-dan-fungsinya.html>, pada tanggal 20 Juli 2019 Pukul 15.00 WIB.

³⁹ Untuk memeriksa persyaratan ini, pengguna bisa memilih kotak dialog “*Device Check*” pada aplikasi AR Qibla Finder.

⁴⁰ Code Tutsplus, *Tutorial How To Use OpenGL ES In Android Apps*, diakses dari <https://code.tutsplus.com/id/tutorials/how-to-use-opengl-es-in-android-apps--cms-28464>, pada tanggal 20 Juli 2019 Pukul 15.20 WIB



Gambar 7. Tampilan Fitur Arah Kiblat pada Aplikasi Miqat

Arah kiblat pada aplikasi Miqat menggunakan rumus Vincenty yang memiliki akurasi tinggi untuk menentukan arah kiblat berdasarkan bentuk Bumi ellipsoid. Marker *augmented reality* pada aplikasi ini diletakkan pada koordinat Kakbah yang digunakan pada aplikasi adalah $21^{\circ}25'21.15''$ Lintang Selatan (LU) dan $39^{\circ}49'34,10''$ Bujur Timur (BT). Fitur arah kiblat pada aplikasi ini ada 2, yaitu Peta Kiblat dan Kiblat 3D (3 Dimensi). Berikut penjelasannya:

1. Qibla Map

Fitur ini menampilkan Kiblat pada peta interaktif sehingga pengguna secara visual memverifikasi arah kiblat relatif terhadap bangunan dan jalan terdekat. Fitur ini memiliki beberapa fitur pendukung yaitu :

- a) Detektor Magnetik, fitur ini berfungsi untuk mendeteksi adanya medan magnetik abnormal di sekitar smartphone yang dapat mengganggu akurasi garis arah kiblat.
- b) *Waterpass*, fitur ini berfungsi untuk mengukur kedataran smartphone.
- c) Pencarian Lokasi, fitur ini berfungsi untuk menentukan lokasi penentuan arah kiblat yang diinginkan pengguna secara manual.
- d) Penampil Peta, fitur ini berfungsi untuk menentukan tampilan peta, seperti peta digital atau peta *hybrid*.
- e) Informasi Kiblat, fitur ini memberikan informasi berupa azimuth kiblat dari utara sejati, azimuth kiblat pada kompas setelah dikurangi deklinasi magnetik, jarak menuju Kakbah, lokasi pengguna, dan akurasi lokasi.

2. 3D Qibla

Fitur ini memberikan tampilan Kiblat 3 dimensi di lingkungan dunia nyata menggunakan teknologi augmented reality. Fitur ini memiliki beberapa fitur pendukung yaitu :

- a) Mode Kamera Aktif, fitur ini akan menampilkan gambar nyata dari kamera smartphone yang telah ditambahkan gambar 3 dimensi dari teknologi augmented reality. Gambar 3 Dimensi yang ditampilkan dalam fitur ini yaitu : Kakbah, garis penunjuk arah kiblat, serta Bulan.
- b) Mode Kamera Non Aktif, fitur ini akan menampilkan gambar Matahari, Planet, Bulan, dan Bintang secara maya. Fitur ini merupakan fitur yang memanfaatkan teknologi VR yang dapat membuat pengguna untuk memverifikasi arah kiblat menggunakan Matahari, Bulan, dan Bintang.
- c) Mode Panorama, fitur ini akan menunjukkan arah kiblat dengan cara membuat pengguna merasakan panorama berdiri di depan Kakbah secara langsung.

Untuk menentukan arah kiblat menggunakan fitur 3D Qibla, pengguna harus melakukan beberapa cara sebagai berikut :

- a) Mengaktifkan akses internet dan GPS pada smartphone.
- b) Membuka aplikasi Ini kemudian izinkan aplikasi untuk mengakses GPS dan Kamera smartphone.
- c) Apabila muncul notifikasi untuk mengkalibrasi Kompas, lakukanlah dengan cara meletakkan smartphone di hadapan anda dan gerakkan berputar beberapa kali dengan pola angka 8.
- d) Posisikan smartphone dengan posisi tertidur dan periksa kedatarannya dengan cara memperhatikan fitur *waterpass*. Apabila posisinya belum datar, fitur *waterpass* akan memberikan notifikasi tanda seru berwarna merah. Kemudian, periksa nilai medan magnet sekitar dengan memperhatikan fitur *detector magnetic*. Apabila nilai medan magnet disekitar smartphone tinggi maka fitur *detector magnetic* akan memberikan notifikasi tanda seru berwarna merah.
- e) Buka fitur *Qibla Map* dan perhatikan lokasi yang ditunjukkan pada peta. Usahakan lokasi yang ditunjuk pada peta sesuai dengan lokasi yang akan

ditentukan arah kiblatnya. Apabila ingin mengetahui data arah kiblat, detail lokasi, serta akurasi lokasi yang ditunjukkan aplikasi, pilihlah kotak dialog *Qibla Info*.

- f) Setelah pemeriksaan lokasi, kedataran dan medan magnet selesai, posisikan bagian atas smartphone sesuai garis arah kiblat pada fitur *Qibla Map* hingga ada notifikasi getar yang menunjukkan bahwa smartphone telah mengarah ke kiblat.
- g) Buka fitur *3D Qibla*, berdirikan serta arahkan smartphone ke arah garis arah kiblat hingga gambar 3D Kakbah berada di lingkaran yang berada ditengah fitur 3D Qibla. Apabila smartphone telah mengarah ke kiblat maka akan muncul notifikasi di layar bertuliskan “*You are facing the Qibla*” atau dalam bahasa Indonesianya adalah “Anda sedang menghadap Kiblat”.

Dalam menentukan arah kiblat, aplikasi ini menggunakan rumus Vincenty yang merupakan perhitungan arah yang tepat untuk pengistilahan bumi yang ellipsoid. Dalam ilmu geodesi, penentuan titiknya dinyatakan dengan koordinat yang mengacu pada sistem koordinat *World Geodetic System 1984 (WGS 84)*. Dalam sistem koordinat WGS 84 yang merupakan sistem koordinat kartesian tangan kanan, ellipsoid referensi yang dipakai adalah ellipsoid geosentrik WGS 84 yang didefinisikan oleh empat parameter utama yaitu; sumbu panjang (a) = 6.378.137,0 m, pengepengan ($1/f$) = 298.257223563, kecepatan sudut Bumi (ω) = $7.292.115,0 \times 10^{-11}$ rad s⁻¹ dan konstanta gravitasi Bumi (termasuk massa atmosfer) (GM) = $3.986.004,418 \times 10^8$ m³ s⁻².⁷⁴

Dalam rumus Vincenty ada dua pokok soal geodesi, yaitu : Pertama, menentukan koordinat sebuah titik dari titik lain yang telah diketahui koordinatnya berdasarkan jarak dan *azimuth* dari titik lain itu ke titik tersebut (*direct geodetic problem*), Kedua, menentukan jarak dan *azimuth* dua titik yang diketahui koordinatnya (*inverse geodetic problem*).⁴³ Dari kedua pokok soal diatas, teori *inverse geodetic problem* dapat digunakan untuk menghitung *azimuth* kiblat sebuah tempat dan jaraknya dari Kakbah.

Penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *augmented reality* merupakan metode baru yang cukup mudah dan praktis. Pengguna hanya perlu mengaktifkan jaringan data dan mengizinkan akses lokasi serta kamera *smartphone*,

⁷⁴ Hasanuddin Z. Abidin, *Geodesi Satelit*, (Jakarta: Pradnya Paramita, 2001), hlm. 47.

kemudian jalankan aplikasi Miqat karya Samer Joudi, pilih fitur *Qibla Map*, apabila data sudah sesuai lalu pilih fitur *3D Qibla* dan arahkan smartphone ke arah garis kiblat yang ditunjukkan oleh aplikasi.

Dalam penentuan arah kiblat pada aplikasi Miqat, data lokasi pengguna akan diproses melalui perhitungan rumus Vincenty pada program *Microsoft Office Excel* yang hasilnya akan ditampilkan pada fitur *Qibla Map* dengan pembulatan nilai ke dalam satuan derajat. Rumus Vincenty merupakan perhitungan arah yang akurat karena mengistilahkan bumi dengan bentuk *ellipsoid*. Pengistilahan bumi yang *ellipsoid* mengasumsikan bahwa jarak dari pusat bumi ke ekuator tidak sama dengan jarak dari pusat bumi ke kutub. Menurut World Geodetic System (*WGS*) 1984, jari-jari ekuator (*a*) bernilai 6778137 meter, sedangkan jari-jari polar (*b*) bernilai 6356752,3 meter. Hal ini tentunya berpengaruh terhadap *flattening* atau kedataran bumi (*f*) yang diperhitungkan oleh rumus Vincenty. Hal inilah yang menjadi perbedaan mendasar antara rumus Vincenty dengan rumus arah kiblat yang selama ini dipraktikkan.

Rumus arah kiblat selama ini selalu mengasumsikan bumi sebagai bola sempurna tanpa memperhatikan kedataran bumi sehingga nilai $f = 0$. Sedangkan dalam rumus Vincenty yang memperhatikan kedataran bumi, nilai *f* memiliki nilai tertentu. Jika pada rumus Vincenty nilai *f* diberi nilai 0 maka azimuth kiblat yang dihasilkan akan sama dengan azimuth kiblat yang mengasumsikan bumi sebagai bola. Apabila nilai *f* semakin besar, selisih nilainya juga akan semakin besar secara linear atau proporsional.⁷⁵

Penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi Miqat memiliki beberapa kelemahan, diantaranya pengguna diharuskan memperhatikan lokasi yang akan diukur dan data yang ditampilkan oleh aplikasi. Pengguna disarankan mencari area lapang dan mendapat akses internet yang stabil, karena GPS dapat menunjukkan data lokasi pengguna secara akurat apabila mendapatkan sinyal satelit yang kuat. Sinyal satelit menjadi hal utama untuk mendapatkan data tersebut, penggunaan aplikasi Miqat seperti ketika berada di dalam ruangan, terowongan, tempat yang banyak pepohonan atau gedung biasanya sulit mendapatkan sinyal satelit, sehingga lokasi yang ditunjukkan dalam fitur *Qibla Map*

⁷⁵ Rinto Anugraha, Arah Kiblat Dengan Metode Vincenty, diakses dari <https://rintoanugraha.staff.ugm.ac.id/arah-kiblat-dengan-metode-vincenty/> pada tanggal 18 Agustus 2019 pukul 14.00 WIB.

kurang akurat. Apabila lokasi yang ditunjukkan dalam fitur *Qibla Map* kurang akurat, maka arah yang ditunjukkan garis kiblat pada fitur *3D Qibla* pun hasilnya kurang akurat.

Selain itu, pengguna harus memperhatikan keadaan lokasi pengujian arah kiblat yang akan ditentukan dengan teliti. Jauhkan *smartphone* dari lokasi yang memiliki medan magnet tinggi. Lokasi yang memiliki medan magnet tinggi tentunya akan mengganggu proses pengujian arah kiblat karena arah yang ditunjukkan *smartphone* masih memanfaatkan sensor kompas magnetik yang rawan akan gangguan medan magnet disekitarnya. Pada saat pengukuran, posisikan *smartphone* secara *vertical* atau tegak lurus, dan arahkan *smartphone* sesuai dengan gambar garis kiblat yang ditunjukkan dalam fitur *3D Qibla*. Hal ini dikarenakan apabila *smartphone* tidak berdiri tegak lurus dan tetap, maka gambar garis kiblat yang ditunjukkan akan melenceng dari arah kiblat yang ditunjukkan oleh teknologi *augmented reality*.

Perhitungan arah kiblat pada fitur *Qibla Map* yang menggunakan rumus Vincenty menghasilkan arah kiblat yang akurat karena memiliki selisih sekitar 7 menit dari perhitungan arah kiblat yang mengasumsikan bumi sebagai bola. Dengan selisih itu, penentuan arah kiblat pada aplikasi Miqat pun dapat digunakan untuk menentukan arah kiblat yang akurat, Namun, dalam praktiknya penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi Miqat yang memiliki teknologi *augmented reality* pada fitur *3D Qibla* menghasilkan arah kiblat yang kurang akurat. Hal ini dikarenakan garis arah kiblat yang ditunjukkan masih mengacu kepada arah kiblat kompas magnetik dari *Smartphone*, sehingga arah tersebut tidak dapat menunjukkan arah yang sebenarnya.

Dari hasil perhitungan menggunakan rumus Vincenty yang penulis lakukan, diperoleh hasil jarak kiblat sebesar 8319,79 KM dan azimuth kiblat Masjid Agung Jawa Tengah adalah $294^{\circ}22'11.83''$ UTSB. Hasil perhitungan ini termasuk akurat karena berselisih sekitar 7 menit dengan azimuth arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah.

Peneliti melakukan pengujian penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *augmented reality* pada aplikasi Miqat yang akan dikomparasikan dengan hasil pengukuran arah kiblat menggunakan alat Istiwa'aini Karya Slamet Hambali. Hal ini dikarenakan hasil pengukuran Istiwa'aini yang sudah terbilang akurat di banding dengan metode penentuan arah kiblat yang lain. Sehingga metode Istiwa'aini dapat digunakan untuk mengukur keakurasian penentuan arah kiblat dalam aplikasi Miqat yang menggunakan rumus Vincenty dan didukung teknologi *Augemented Reality*.

Dalam pengujian ini, diperlukan instrumen pengujian berupa *smartphone* yang memenuhi persyaratan yang dibutuhkan dalam aplikasi Miqat. Persyaratan itu adalah ketersediaan sensor GPS, *Compass*, *Gyroscope*, *3D Orientation*, dan *Magnetometer*, serta didukung aplikasi Open GL ES minimal versi 2.0. Maka dari itu, peneliti menggunakan *smartphone ZTE Nubia M2* dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi *Smartphone ZTE Nubia M2*⁷⁶

Jaringan	SIM	GSM, CDMA, HSPA, 4G
Platform	OS Chipset CPU GPU	Android 6 (<i>Marshmallow</i>); Nubia UI 4 Qualcomm MSM8953 Snapdragon 625 (14 nm) Octa-core 2.0 GHz Cortex-A53 Adreno 506
Kamera	Utama Fitur Video Depan	13 MP, f/2.2, 1/2.9", 1.25 μ m, AF dan 2 MP, <i>depth sensor</i> <i>Dual-LED dual-tone</i> flash, HDR, Panorama 2160p@30fps, 1080p@30fps 16 MP, f/2.0 , 1080p@30fps
Fitur	WLAN Bluetooth GPS Sensor USB	Wi-Fi 802.11 b/g/n/ac, <i>dual-band</i> , Wi-Fi <i>Direct</i> , Hotspot 4.1, A2DP, LE A-GPS, GLONASS, BDS <i>Fingerprint (front-mounted)</i> , <i>Accelerometer</i> , <i>Light, Orientation, Proximity, Gyroscope, Sound</i> , dan <i>Magnetic Sensor</i> Type-C 1.0 <i>reversible connector</i> , USB <i>On-The-Go</i>

Untuk lokasi penelitian, peneliti menggunakan lokasi Masjid Agung Jawa Tengah (MAJT), hal ini dikarenakan arah kiblatnya sudah teruji dan terbukti akurat. Lokasi pengujian yang peneliti lakukan adalah daerah selatan payung elektrik paling timur (Shaf

⁷⁶ GSM Arena, *ZTE Nubia M2- Full Specification*, diakses dari https://www.gsmarena.com/zte_nubia_m2-8746.php, pada tanggal 2 Agustus 2019 pukul 13.20 WIB.

Putri), tepatnya di koordinat 110°26'45,04' Bujur Timur (BT) dan - 6°59'2,06" Lintang Selatan (LS).⁷⁷

Berikut adalah hasil uji akurasi yang peneliti dapatkan dari lima kali pengujian, antara lain :

Tabel 2. Hasil Uji Akurasi Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi Android Berteknologi *Augmented Reality*

Pengujian	Hasil	Kategori
1	Arah kiblat pada aplikasi Miqat melenceng 1° dari arah kiblat Istiwa'aini	Kurang Akurat
2	Arah kiblat pada aplikasi Miqat sama dengan arah kiblat Istiwa'aini	Sangat Akurat
3	Arah kiblat pada aplikasi Miqat melenceng 0,5° dari arah kiblat Istiwa'aini	Akurat
4	Arah kiblat pada aplikasi Miqat melenceng 1° dari arah kiblat Istiwa'aini	Kurang Akurat
5	Arah kiblat pada aplikasi Miqat melenceng 1° dari arah kiblat Istiwa'aini	Kurang Akurat

Dari lima kali pengujian yang dilaksanakan pada tanggal dan jam yang berbeda sejak 17 Juli hingga 20 Juli 2019, didapatkan satu arah kiblat yang sangat akurat, satu arah kiblat yang akurat dan tiga arah yang kurang akurat, dengan bukti-bukti seperti yang terdapat pada pengujian pertama hingga kelima. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* pada aplikasi Miqat Karya Samer Joudi dikategorikan kurang akurat menurut tingkat keakuratan Slamet Hambali, namun masih dalam batas toleransi menurut tingkat keakuratan Thomas Djamaluddin. Tingkat akurasi arah kiblat aplikasi Miqat ini berselisih 0° hingga 1° dari arah kiblat hasil pengukuran Istiwa'aini.

⁷⁷ Data koordinat didapatkan dari aplikasi *Google Earth Mobile*.

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan diatas, maka penulis dapat menyimpulkan beberapa hal sebagai jawaban atas pokok-pokok permasalahan, yakni :

- a. Penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* pada aplikasi Miqat karya Samer Joudi tergolong mudah dan praktis. Hasil perhitungan arah kiblatnya akurat apabila dalam penggunaannya memperhatikan syarat-syarat yang dibutuhkan aplikasi, data lokasi, dan proses pengukurannya.
- b. Penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* pada aplikasi Miqat karya Samer Joudi adalah kurang akurat menurut tingkat keakuratan Slamet Hambali namun masih dalam batas toleransi menurut tingkat keakuratan Thomas Djamaluddin. Tingkat akurasiya yaitu berselisih 0° hingga 1° dari arah kiblat hasil pengukuran Istiwa'aini karya Slamet Hambali.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

- Sudibyo, Ma'rufin. 2012. *Sang Nabi pun Berputar (Arah Kiblat dan Tata Cara Pengukurannya)*. Solo: Tinta Medina.
- Hambali, Slamet. 2011. *Ilmu Falak 1 (Penentuan Awal Waktu Shalat dan Arah Kiblat Seluruh Dunia)*. Semarang: Program pascasarjana IAIN Walisongo Semarang.
- Jaelani, Achmad, *et al.* 2012. *Hisab Rukyat Menghadap Kiblat (Fiqh, Aplikasi, Praktis, Fatwa dan Software)*, Semarang: Pustaka Rizki Putra.
- Menara Kudus. 2006. *Al-Qur'an al-Karim dan Terjemahnya*. Kudus: Menara Kudus.
- Khazin, Muhyiddin. 2004. *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*. Yogyakarta: Buana Pusaka.
- Kementerian Agama RI. 2012. *al-Qur'an dan Tafsirnya*. Jakarta: Kementerian Agama RI dengan biaya DIPA.
- Furth, Borko. 2014. *Hand Book of Augmented Reality*. Department of Computer and Electrical Engeneering.
- Izzuddin, Ahmad. 2012. *Kajian Terhadap MetodeMetode Penentuan Arah Kiblat Dan Akurasinya*. Jakarta: Kementrian Agama RI, Direktorat Jendral Pendidikan Islam, Direktorat Pendidikan Tinggi Islam, Cet ke-I.
- Hambali, Slamet. 2013. *Ilmu Falak:Arah Kiblat Setiap Saat*. Yogyakarta: Pustaka Ilmu, Cet ke-I.
- Syifaul Anam, Ahmad. 2012. *Laporan Penelitian Individual : Studi Komparasi Terhadap Metode Dan Hasil Hisab Software Arah Kiblat Pada www.rukyatulhilal.org*. Fakultas Syariah dan Hukum IAIN Walisongo Semarang.
- Azwar, Saifuddin. 2004. *Metode Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, Cet. V.
- Sarosa, Samiaji. 2012. *Penelitian Kualitatif: Dasar-dasar*, Jakarta: Indeks.
- Nazir, Mohammad. 1988. *Metode Penelitian*. Jakarta : Ghalia Indonesia, Cet 3.

- Warson Munawir, Ahmad. 1977. *Al Munawir Kamus Arab-Indonesia*. Surabaya: Pustaka Progressif.
- Mustafa al-Maraghi, Ahmah. 1993. *Terjemah Tafsir al-Maraghi, Juz II, Penerjemah: Anshori Umar Sitanggal*. Semarang: CV. Toha Putra.
- Ghozali Muhammad Fathullah, Ahmad. 2016. *Jami' al-Adillah ila Ma'rifati Simt al-Qiblah*. Sampang: LAFAL (Lajnah Falkiyah LanBulan).
- Murtadho, Moh. 2008. *Ilmu Falak Praktis*. Malang: UIN-Malang Press.
- D. Marsam, Leonardo. 1983. *Kamus Praktis Bahasa Indonesia*. Surabaya: Cv. Karya Utama.
- Poerwadarminta, W.J.S. 2006. Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional, *Kamus Umum Indonesia*. Jakarta : Balai Pustaka.
- Departemen P & K. 1989. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Jakarta: Balai Pustaka, Cet 2.
- Kurniawan, Bumi. *Kamus Ilmiah Populer*. Surabaya : CV. Citra Pelajar..
- Izzuddin, Ahmad. 2012. *Ilmu Falak Praktis; Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*. Semarang: Pustaka al-Hilal, Cet-2.
- Kementrian Agama RI. 2015. *Al-Qur'an & Tafsirnya*. Jakarta: Widya Cahaya.
- Departemen Agama RI. 1993. *Ensiklopedia Islam*. Jakarta : CV. Anda Utama.
- Azis Dahlan, Abdul, et al. 1996. *Ensiklopedi Hukum Islam*. Jakarta: PT Ichtiar Baru Van Hoeve, Cet I.
- Nasution, Harun, et al. 1992. *Ensiklopedi Hukum Islam*. Jakarta: Djambatan.
- Effendy, Mochtar. 2001. *Ensiklopedi Agama dan Filsafat, Volume 5*. Palembang: Penerbit Universitas Sriwijaya, 2001.
- Izzuddin, Ahmad. 2012. *Ilmu Falak Praktis ; Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*. Semarang: Pustaka Rizki Putra.
- Halim Hasan, Abdul. 2006. *Tafsir Al-Ahkam*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Quthb, Sayyid. 2000. *Tafsir Fi Dhillalil Qur'an, Juz I*, Jakarta: Gema Insani.

- Muhammad Hasbi as-Sidiqy, Tengku. 2011. *Tafsir al-Qur'an al-Majid al-Nur, Jilid I*. Jakarta: PT. Cakrawala Surya Prima.
- Katsir, Ibnu. 1992. *Tafsir al-Qur'an al-'Azhim, Jilid I*. Beirut: Dar al-Fikr.
- Al-Husain Muslim Bin Al-Hajjaj Bin Muslim Al-Qusyairy An-Naisabury, Abu. *Shahih Muslim, Juz. I*. Beirut: Darul Kutubil 'Ilmiyyah.
- al-Hafiz Ahmad bin Ali bin Hajar al-Asqalani, Imam. *Fath al-Bari, Juz I*. Beirut: Dar alFikr.
- Izzan dan Iman Saifullah. Ahmad. 2013. *Studi Ilmu Falak Cara Mudah Belajar Ilmu Falak*. Banten: Pustaka Aulia Media, Cet ke-1.
- Bin Muhammad Awwad Al-Jaziry, Abdurrahman. 1699. *Kitabul Fiqh Ala Madzahibil Arba'ah*. Beirut: Dar Ihya At tyrats Al araby.
- Ali As Shabuni, Muhammad. 1983. *Tafsir Ayat Ahkam As Shabuni*. Surabaya: Bina Ilmu.
- Bostworth, C. E, et. al (ed). 1978. *The Encyclopedia Of Islam, Vol. IV*, (Leiden : E. J. Brill, 1978), hlm. 317.
- Eliade (ed), Mircea. *The Encyclopedia Of Religion, Vol. 7*. New York : Macmillan Publishing Company.
- Departemen Agama Republik Indonesia. 2002. *Mushaf Al-Qur'an Terjemah*. Jakarta: Kelompok Gema Insani.
- Azraqiy. *Akhbar Mekkah, Jilid I*. Mekkah : Al-Majidiyyah.
- Azhari, Susiknan. 2007. *Ilmu Falak : Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*. Yogyakarta : Suara Muhammadiyah.
- Husain Haikal, Muhammad. 1989. *Sejarah Hidup Muhammad*. Jakarta: Litera Antar Nusa, cet ke-10.
- R. Turner, Howard. 2004. *Science in Medieval Islam An Illustrated Introduction , diterjemahkan oleh Anggota IKAPI, Sains Islam yang Mengagumkan (Sebuah Catatan terhadap Abad Pertengahan)*. Bandung : Nuansa, Cet 1.
- Badan Hisab dan Rukyat Departemen Agama. 1981. *Almanak Hisab Rukyat*. Jakarta : Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam.
- Arifin, Zainul. 2012. *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Lukita, 2012.

- Az-Zuhaili, Wahab. 2010. *Fiqih Islam Wa Adillatuhu, terjemahan .Abdul Hayyie al-Kattani, dkk.* Jakarta: Gema Insani.
- Tatmainul Qulub, Siti. 2017. *Ilmu Falak : Dari Sejarah Ke Teori Dan Aplikasi.* Depok : PT Rajagrafindo Persada.
- A. Jacko, Julie. 2003. *Handbook of Research on Ubiquitous Computing Technology for Real Time Enterprises.* CRC Press.
- Maad, Soha. 2010. *Augmented Reality.* India : Intech.
- Haller, Michael. 2007. *Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces and Design.* London: Idea Group Publishing.
- Z. Abidin, Hasanuddin. 2001. *Geodesi Satelit.* Jakarta: Pradnya Paramita, 2001.

Jurnal

- Goel dan Avdesh Bhardawaj, Siddhant. 2014. *A Critical Analysis of Augmented Reality Learning by Applicability of IT Tools.* International Journal of Information and Computation Technology, Vol. 4 No. 4.
- Awaluddin, Moehammad, dkk. 2016. *Kajian Penentuan Arah Kiblat Secara Geodetis.* Semarang: Jurnal Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Vol. 37 No. 2.
- Budiwati, Anisah. 2016. *Tongkat Istiwa', Global Positioning System (GPS) dan Google Earth untuk Menentukan Titik Koordinat Bumi dan Aplikasinya dalam Penentuan Arah Kiblat.* Semarang: Jurnal Al-Ahkam Walisongo. Volume 26, Nomor 1.
- Nugraha Lengkong, Hendra. 2015. *Perancangan Penunjuk Rute Pada Kendaraan Pribadi Menggunakan Aplikasi Mobile GIS Berbasis Android Yang Terintegrasi Pada Google Maps.* Manado : E-journal Teknik Elektro dan Komputer Universitas Sam Ratulangi.
- T. Azuma, Ronald. 1997. *"A Survey of Augmented Reality". Presence : Teleoperators and Virtual Environments, Vol. 6.*
- Teguh Martono dan Rinta Kridalukmana, Kurniawan. 2014. *Mobile Augmented Reality Jurusan Sistem Komputer Universitas Diponegoro Berbasis Android (MARSISKOM).* Semarang : Jurnal Sistem Komputer Universitas Diponegoro Vol.4 No. 1.

Thoyfur, Muhammad. 2021. *Digitalisasi Rasdhul Kiblat Lokal oleh Qibla Diagram*. Semarang: Jurnal Al-Hilal UIN Walisongo, Volume 3, Nomor 1, Maret 2021.

Makalah :

Gama Saputra, Rochmad. 2016. *Makalah Augmented Reality Sebagai Citra 3 Dimensi*. Departemen Ilmu Komputer Dan Elektronika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Hambali, Slamet. 2013. *Uji Kelayakan Istiwa'aini Sebagai Alat Bantu Menentukan Arah Kiblat yang Akurat*. Makalah Seminar Nasional Prodi Ilmu Falak Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang.

Arkanuddin, Mutoha. 2007. *Modul Pelatihan Perhitungan dan Pengukuran Arah Kiblat*, disampaikan pada tanggal 26 September 2007 di Masjid Syuhada Yogyakarta.

Website

Muslim Pro, diakses dari <https://www.muslimpro.com/id> pada tanggal 19 Mei 2019 Pukul 14.00 WIB.

Wikipedia, *Android (Sistem Operasi)*, diakses dari [https://id.wikipedia.org/wiki/Android_\(sistem_operasi\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Android_(sistem_operasi)), pada tanggal 15 Juli 2019 pukul 14.16 WIB.

Open Handset Alliance, *Android*, diakses dari http://www.openhandsetalliance.com/android_overview.html, pada 15 Juli 2019 pukul 14.00 WIB.

Wikipedia, *Android Version History*, diakses dari https://en.wikipedia.org/wiki/Android_version_history, pada tanggal 15 Juli Pukul 16.14 WIB.

Wikipedia, *Realitas Tertambah*, diakses dari https://id.wikipedia.org/wiki/Realitas_tertambah, pada tanggal 15 Juli 16.24 WIB.

Monster AR, Mengenal Jenis-Jenis Dari Teknologi Augmented Reality, diakses dari <https://www.monsterar.net/2017/08/08/mengenal-jenis-augmented-reality/>, pada tanggal 16 Juli 2019 Pukul 10.00 WIB.

Locatify, *Location Based Augmented Reality Apps (AR&RTLS)*, diakses dari <https://www.locatify.com/blog/location-based-augmented-reality-apps-2017-rlts-ar/>, pada tanggal 16 Juli 2019 Pukul 13.10 WIB.

Muchlisin Riadi, *Augmented Reality (AR)*, diakses dari <https://www.kajianpustaka.com/2017/08/augmented-reality-ar.html> diakses pada hari Kamis 18 Juli 2019 Pukul 14.10 WIB.

Samer Joudi, Miqat: Waktu Shalat, Kiblat, dan Visibilitas Hilal, diakses dari <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.geospatialtechnology.visualqiblah&hl=id>, pada tanggal 19 Juli 2019 Pukul 10.00 WIB.

Inpomu, *Berbagai Macam Sensor Dan Fungsinya*, diakses dari <https://inpomu.blogspot.com/2016/01/berbagai-macam-sensor-dan-fungsinya.html>, pada tanggal 20 Juli 2019 Pukul 15.00 WIB.

Code Tutsplus, *Tutorial How To Use OpenGL ES In Android Apps*, diakses dari <https://code.tutsplus.com/id/tutorials/how-to-use-opengl-es-in-android-apps--cms28464>, pada tanggal 20 Juli 2019 Pukul 15.20 WIB.

Wikipedia, *Vincety's Formulae*, diakses dari https://en.wikipedia.org/wiki/Vincety%27s_formulae, pada tanggal 20 Juli 2019 Pukul 13.10 WIB.

Rinto Anugraha, Arah Kiblat Dengan Metode Vincenty, diakses dari <https://rintoanugraha.staff.ugm.ac.id/arah-kiblat-dengan-metode-vincenty/> pada tanggal 18 Agustus 2019 pukul 14.00 WIB.

GSM Arena, *ZTE Nubia M2- Full Specification*, diakses dari https://www.gsmarena.com/zte_nubia_m2-8746.php, pada tanggal 2 Agustus 2019 pukul 13.20 WIB.