

PENGARUH DEKLINASI MAGNETIK PADA KOMPAS TERHADAP PENENTUAN UTARA SEJATI (*TRUE NORTH*) DI KOTA SALATIGA

I. Pendahuluan

Ilmu falak merupakan ilmu yang sangat penting dalam kehidupan kita. Dengan ilmu falak seseorang dapat menentukan arah kiblat di suatu tempat di permukaan bumi. Dengan ilmu falak pula orang dapat memastikan awal waktu salat, membantu orang melaksanakan rukyat dengan mengetahui posisi hilal dan menentukan arah kiblat. Ilmu ini juga memiliki peranan penting dalam pelaksanaan ibadah umat Islam (Hambali, 2011: 9).

Salah satu hal penting dalam ilmu falak adalah mengenai arah. Setidaknya yang terkait dengan arah adalah persoalan kiblat dan pelaksanaan rukyat. Salah satu perangkat yang digunakan untuk menentukan arah adalah kompas. Bentuk ukuran kompas yang kecil dan ringan, mudah didapatkan, bisa di bawa kemana-mana, serta dapat mengetahui arah yang dituju dengan cepat menjadikannya sebagai alat penunjuk arah yang relatif praktis dan aplikatif. Hal inilah yang membuat kompas masih populer di kalangan masyarakat untuk menentukan arah termasuk arah kiblat. Di samping itu, penggunaan kompas dalam menentukan arah kiblat telah menjadi kebiasaan masyarakat Indonesia sejak lama.

Kompas adalah alat penunjuk arah mata angin. Kompas terbuat dari logam magnetik yang diletakkan sedemikian rupa sehingga dengan mudah dapat bebas bergerak ke semua arah. Hanya saja, perlu diperhatikan bahwa

penunjukan jarum kompas tidaklah selalu mengarah ke titik utara sejati (*true north*) pada suatu tempat. Hal ini disebabkan, berdasarkan teori dan praktek, bahwa kutub-kutub magnet bumi tidak berimpit atau berada pada kutub-kutub bumi (Tim Penyusun Buku Revisi Almanak Hisab Rukyat, 2010: 239).

Untuk mendapatkan utara sejati (*true north*) ketika menggunakan kompas, dibutuhkan koreksi deklinasi magnetik terhadap arah jarum kompas (Khazin, 2005: 60). Hal ini karena kutub magnet utara memiliki selisih dengan utara sejati yang besarnya berubah-ubah. Selisih itu disebut variasi magnet atau juga disebut deklinasi magnetik. Nilai variasi magnet ini selalu berbeda di setiap waktu dan tempat (Hambali, 2011: 234).

Berangkat dari uraian di atas, peneliti ingin melakukan penelitian mengenai deklinasi magnetik pada kompas. Fokus penelitian adalah mengkaji pengaruh deklinasi magnetik pada kompas terhadap penentuan utara sejati (*true north*) dengan mengambil Kota Salatiga sebagai lokasi penelitian. Pemilihan Kota Salatiga sebagai lokasi penelitian berangkat dari pengalaman peneliti ketika melihat kompas kiblat yang mencantumkan daftar arah kiblat Kota-kota di Indonesia yang sudah dikoreksi dengan deklinasi magnetik namun tidak mencantumkan Kota Salatiga di dalamnya. Hal ini mendorong rasa ingin tahu penulis terhadap nilai deklinasi magnetik untuk Kota Salatiga yang seharusnya dikoreksikan pada kompas beserta pengaruhnya terhadap penentuan utara sejati (*true north*).

rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan deklinasi magnetik pada kompas di Kota Salatiga?

2. Bagaimana pengaruh deklinasi magnetik pada kompas terhadap penentuan utara sejati (*true north*) di Kota Salatiga?

Arah ke Kutub Utara dari titik manapun di permukaan Bumi disebut Utara (Neufeldt (*ed*), 1995: 971). Meridian selalu melintasi arah utara-selatan sejati yang selalu menunjuk ke Kutub Utara dan Kutub Selatan yang disebut sebagai *true north- south*. *True north* disebut juga dengan *Geographic north* (utara geografik). Arah utara sejati/utara geografik adalah arah di sepanjang permukaan Bumi menuju Kutub Utara Geografik.

Akhir pencarian arah utara pada jarum pedoman menunjuk ke arah utara kutub magnet Bumi, sedangkan akhir pencarian arah selatan jarum pedoman menunjuk ke arah kutub magnet selatan. Sudut antara utara yang ditunjukkan jarum kompas pada lokasi tertentu dan utara sejati (*true north*) (utara geografik) disebut deklinasi magnetik. Pengukuran selama beberapa abad menunjukkan bahwa kutub-kutub magnetik bermigrasi sangat lambat dari waktu ke waktu, tidak pernah menyimpang lebih dari sekitar 15° Lintang dari kutub geografik. Perubahan deklinasi magnetik bahkan hanya $0,2^\circ$ hingga $0,5^\circ$ per tahun. Jika dirata-ratakan selama sekitar 10.000 tahun, kutub magnet diperkirakan bertepatan dengan kutub geografik (Marshak, 2001: 56).

perlu diperhatikan bahwa kompas bekerja berdasarkan kekuatan magnet bumi sehingga kompas tidak menunjuk utara sejati melainkan arah utara magnet bumi. Dengan kata lain, terdapat penyimpangan magnetik akibat medan magnet bumi yang harus diperhitungkan dalam menentukan arah

utara yang sebenarnya. Itulah sebabnya diperlukan koreksi deklinasi magnetik pada kompas saat akan menentukan utara sejati (*true north*).

Tim Penyusun Revisi *Buku Revisi Almanak Hisab Rukyat* (2010: 239) menjelaskan:

“Untuk daerah Indonesia daerah paling barat sampai daerah paling timur besarnya deklinasi magnet terletak antara harga kurang lebih -1 derajat sampai +6 derajat.

Besarnya deklinasi magnet pada suatu tempat dapat pula dilihat dan ditentukan dari peta deklinasi magnet; umumnya peta ini dibuat atau diperbaharui setiap 5 tahun sekali, misalnya peta Epoch 1990.0 berlaku untuk jangka waktu 1990-1995 dan seterusnya. Pembuatan dan pembaharuan peta-peta ini sesuai dengan ketentuan internasional.”

Pemahaman mengenai utara sejati (*true north*) yang tepat menjadi penting ketika dihadapkan pada masalah ibadah misalnya penentuan arah kiblat pada suatu lokasi. Penentuan *true north* merupakan prosedur yang harus dilewati dalam penentuan arah kiblat suatu lokasi. Apabila perhitungan serta penetapan terhadap utara sejati (*true north*) suatu lokasi salah, maka akan salah pula penetapan arah kiblatnya.

Berdasarkan metodenya, penelitian ini termasuk penelitian kualitatif. Denzin dan Lincoln (1987), sebagaimana dikutip Moleong (2007: 4), menyatakan bahwa “penelitian kualitatif adalah penelitian yang menggunakan latar alamiah, dengan maksud menafsirkan fenomena yang terjadi dan dilakukan dengan melibatkan berbagai metode yang ada”. Penelitian ini merupakan penelitian lapangan (*field research*) yang dapat dianggap sebagai pendekatan luas dalam penelitian kualitatif (Moleong, 2007: 26).

Penelitian ini juga bisa dimasukkan sebagai penelitian deskriptif. Gay (1976) mendefinisikan metode penelitian deskriptif sebagai “kegiatan yang meliputi pengumpulan data dalam rangka menguji hipotesis atau menjawab suatu pertanyaan yang menyangkut keadaan pada waktu yang sedang berjalan dari pokok suatu penelitian” (Sevilla, 1993: 71).

Data primer dalam penelitian ini adalah hasil observasi peneliti terhadap data deklinasi magnetik untuk Kota Salatiga sesuai fakta di lapangan dan data deklinasi magnetik untuk Kota Salatiga pada saat penelitian sesuai *software* penghitung deklinasi magnetik.

Sumber data sekunder paling penting yaitu data mengenai Kota Salatiga yang didapatkan dari Pemerintah Kota (Pemkot) Salatiga. Sumber data sekunder lainnya berasal dari buku-buku ilmu falak dan astronomi

Observasi dilakukan di beberapa titik yang tersebar di empat Kecamatan yang masuk wilayah Kota Salatiga yaitu Kecamatan Tingkir, Kecamatan Argomulyo, Kecamatan Sidorejo dan Kecamatan Sidomukti. Adapun waktu observasi dilakukan pada bulan Mei-Juni 2013.

Observasi dilakukan menggunakan kompas dan teodolit untuk mengetahui besarnya selisih sudut (deklinasi magnetik) antara utara yang ditunjukkan kompas dengan utara sejati (*true north*) yang diukur dengan theodolit. Hasil observasi akan dibandingkan dengan data deklinasi magnetik yang diperoleh dari *software* penghitung deklinasi magnetik.

Dalam penelitian ini, akan digunakan analisa kualitatif terhadap data baik berupa data kualitatif maupun data kuantitatif. Terhadap data kualitatif dalam

hal ini dilakukan terhadap data yang berupa informasi, uraian dalam bentuk bahasa prosa kemudian dikaitkan dengan data lainnya untuk mendapatkan kejelasan terhadap suatu kebenaran atau sebaliknya, sehingga memperoleh gambaran baru ataupun menguatkan suatu gambaran yang sudah ada dan sebaliknya (Subagyo,1991: 106). terhadap data kuantitatif yaitu data dalam bentuk jumlah dituangkan untuk menerangkan suatu kejelasan dari angka-angka atau memperbandingkan dari beberapa gambaran sehingga memperoleh gambaran baru, kemudian dijelaskan kembali dalam bentuk kalimat/uraian (Subagyo, 1991: 106).

Selain itu, penelitian ini juga menggunakan teknik analisa komparatif. Penelitian komparatif bersifat *ex post facto*. Artinya data dikumpulkan setelah semua kejadian yang dikumpulkan telah selesai berlangsung. Peneliti dapat melihat akibat dari suatu fenomena dan menguji hubungan sebab akibat dari data-data yang tersedia (Nazir, 1985: 69).

II. Pembahasan

A. Penentuan Utara Sejati

Utara sejati (*true north*) atau utara geografik (*geographic north*) adalah utara yang berimpit dengan garis meridian, dan menunjuk ke Kutub Utara geografik yang dilalui sumbu Bumi. Utara geografik diberi label *true north* atau TN, atau terkadang ditandai dengan panah berujung bintang pada beberapa peta (Meliton, 1987:59).

True north adalah titik mana pun di atas Bumi ke Kutub Utara. Hal ini dikarenakan Kutub Utara dan Kutub Selatan menunjuk dengan tepat sumbu

rotasi Bumi (Keller, 2001: 113). Oleh karena itu *true north* diartikan sebagai utara berdasarkan sumbu Bumi, bukan utara magnet (Hornby, 1995:1280).

Kedudukan utara sejati (*true north*) sangat penting dalam penentuan arah kiblat. Ketidaktepatan dalam menentukan utara sejati berakibat pada tidak tepatnya penentuan arah kiblat. Sekali pun perhitungan arah kiblat yang dilakukan untuk suatu lokasi telah benar tetapi apabila pengukuran utara sejati terjadi kesalahan, maka pengukuran arah kiblat juga akan salah.

Penentuan utara sejati dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti melihat rasi bintang; memanfaatkan bayang-bayang Matahari; menggunakan peralatan seperti kompas, GPS dan theodolite.

Untuk menentukan utara sejati dengan kompas, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut (Khazin, 2006: 13).

1. Menyiapkan kompas yang masih dalam keadaan baik.
2. Meletakkan kompas di tempat yang datar serta bebas dari medan magnet.
3. Membentangkan benang atau semacamnya di atas kompas searah dengan jarum kompas.
4. Membuat titik U pada arah yang menuju titik Utara dan buatlah titik S pada arah menuju Selatan.
5. Untuk mendapatkan utara sejati, lakukan koreksi deklinasi magnetik, bisa dihitung dengan *software* atau dengan peta deklinasi magnetik.
6. Membaca arah kompas setelah dikoreksi deklinasi magnetiknya.

Dalam mempergunakan alat ini, hendaklah dijaga agar terhindar dari pengaruh magnetik benda-benda sekitarnya. Oleh karena itu, kompas yang baik di samping harus memiliki gerak yang bebas dan skala azimut yang teliti, juga harus diberi sangkar atau tempat yang menjauhkannya dari pengaruh magnetik benda- benda sekitarnya (Azhari, 2008: 126).

Pengukuran utara sejati dengan kompas memiliki beberapa kelemahan. Diantara kelemahan kompas (Izzuddin (*ed*), 2012: 211-212) adalah:

a. Kompas tidak menunjukkan utara selatan geografik tetapi arahnya dari Kutub Magnet Bumi Selatan (KMBS) ke Kutub Magnet Bumi Utara (KMBU) dan selalu menempatkan dirinya pada garis gaya magnet Bumi.

b. Antara arah penunjuk kompas dengan arah Utara-Selatan geografik terdapat sudut deklinasi kompas yang nilainya berbeda-beda pada setiap tempat.

c. Kompas dipengaruhi besi-besi di sekitarnya.

d. Kompas dipengaruhi oleh angin Matahari.

e. Kompas mudah hilang kemagnetannya bila terjatuh atau terkena panas.

Meskipun kompas memiliki beberapa kelemahan tersebut di atas, menurut T. Djamaluddin, sebenarnya kompas juga dapat dikatakan lumayan akurat asal memperhatikan dua hal. Pertama: memperhatikan koreksi deklinasi magnetiknya. Kedua; saat pengukuran tidak terganggu oleh benda-benda yang mempengaruhi jarum magnetnya. Oleh karenanya, disarankan agar melakukan pengukuran di beberapa titik pada lokasi tersebut agar

pengaruh benda-benda magnetik dapat diminimalkan (Izzuddin (ed), 2012:100).

Sebagaimana disampaikan bahwa sudut antara utara sejati dan utara magnetik yang berasal dari penyimpangan kompas dari arah utara geografik disebut sebagai deklinasi magnetik. Untuk menentukan deklinasi magnetik sangat bermacam-macam, karena posisi kutub magnet sangat bervariasi. Variasi tersebut juga tergantung pada waktu, sehingga muncullah tanggal penentuan deklinasi magnetik yang ditampilkan pada peta. Tanggal penentuan deklinasi tersebut menunjukkan adanya pergeseran tahunan yang terjadi pada kutub magnet (Zumberge, 2007: 71).

Deklinasi magnetik pada lokasi tertentu adalah sudut antara arah utara jarum kompas dengan arah kutub utara geografik. Definisi ini berlaku di mana saja di Bumi termasuk belahan Bumi Selatan. Deklinasi magnetik pada suatu lokasi dapat didefinisikan sebagai sudut antara pencarian utara jarum kompas dengan penunjukan utara dari bujur tempat. Jika utara kompas menunjuk sebelah barat/ kiri bujur tempat, maka deklinasinya adalah W (*west*), dan jika menunjuk sebelah timur / kanan dari bujur tempat, maka deklinasinya adalah E (*east*) (Touche, 2005: 50).

Pergerakan dari medan magnet Bumi menyebabkan deklinasi berubah dari tahun ke tahun. Ada beberapa cara untuk menentukan deklinasi magnetik pada suatu tempat, di antaranya adalah (1) menggunakan diagram deklinasi, (2) menggunakan *Compass rose*, (3) melalui *software* komputer, (4)

menggunakan GPS dan (5) mengadakan pengukuran langsung (Touche, 2005: 51).

B. Deklinasi Magnetik Kota Salatiga

Dalam penelitian ini cara yang akan digunakan untuk mengetahui deklinasi magnetic Kota Salatiga ada dua yaitu (1) menggunakan *software* computer yakni model IGRF dan WMM; dan (2) mengadakan pengukuran langsung yakni dengan menggunakan Matahari sebagai referensi penentu titik utara sejati, dalam hal ini menggunakan alat bantu theodolite.

World Magnetic Model (WMM) merupakan produk gabungan yang dikembangkan bersama oleh *National Geophysical Data Center* (NGDC) dan *British Geological Survey* (BGS). WMM diperbarui setiap 5 tahun sekali. Saat ini versi terbaru kalkulator dari WMM adalah WMM2010 yang berlaku hingga 31 Desember 2014.

Untuk mendapatkan angka deklinasi magnetik di suatu lokasi menggunakan kalkulator WMM2010, ada dua website yang bisa dipilih. Pertama, melalui website milik BGS dengan alamat <http://www.geomag.bgs.ac.uk/>, Kedua, melalui website milik NGDC dengan alamat <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/WMM/calculators.shtml>.

Untuk sementara ini, kalkulator online WMM yang tersedia adalah *single point calculator* untuk menghitung medan magnet yang salah satu komponennya adalah deklinasi magnetik. Rencananya kalkulator online WMM khusus untuk menghitung grid (*grid calculator*) dan kalkulator online

WMM khusus untuk deklinasi magnetik (*declination calculator*) akan segera dirilis sebagaimana dinyatakan dalam situs resmi BGS.

IGRF adalah serangkaian model matematika dari medan utama Bumi dan tingkat perubahan yang terjadi secara tahunan. Program tersebut dikeluarkan oleh *The International Association of Geomagnetism and Aeronomy* (IAGA).

The International Association of Geomagnetism and Aeronomy (IAGA) adalah asosiasi internasional yang bergerak di bidang geomagnetik dan aeronomi. IAGA adalah salah satu delapan asosiasi internasional yang tergabung dalam *International Union of Geodesy and Geophysics* (IUGG). IAGA adalah organisasi non pemerintah yang dananya berasal dari Negara-negara anggota. IAGA memiliki sejarah panjang yang asal usulnya bisa dilacak pada *the Commission for Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*. Komisi ini merupakan bagian dari Organisasi Meteorologi Internasional yang didirikan pada tahun 1873 (www.iugg.org/IAGA/, akses 15 Juni 2013). Untuk mengetahui deklinasi magnetik menggunakan model IGRF dapat diketahui melalui situs <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/>.

Nilai deklinasi magnetik dan variasi sekulernya untuk Kota Salatiga kurun waktu 2010-2014 versi WMM2010 adalah sebagaimana dalam tabel berikut ini:

No	Tahun	Deklinasi	Variasi Sekuler
1	2010	1° 11' 2" = 1.184°	1.1' ke Barat (-1.1') /tahun
2	2011	1° 9' 55" = 1.165°	1.1' ke Barat (-1.1') /tahun
3	2012	1° 8' 49" = 1.1469°	1.1' ke Barat (-1.1') /tahun
4	2013	1° 7' 42" = 1.128°	1.1' ke Barat (-1.1') /tahun
5	2014	1° 6' 36" = 1.11°	1.1' ke Barat (-1.1') /tahun

Sedangkan nilai deklinasi magnetik dan variasi sekulernya untuk Kota Salatiga kurun waktu 2010-2014 versi IGRF11 adalah sebagaimana berikut:

No	Tahun	Deklinasi	Variasi Sekuler
1	2010	1° 11' 2" = 1.184°	1.1' ke Barat (-1.1') /tahun
2	2011	1° 9' 55" = 1.165°	1.1' ke Barat (-1.1') /tahun
3	2012	1° 8' 49" = 1.1469°	1.1' ke Barat (-1.1') /tahun
4	2013	1° 7' 42" = 1.128°	1.1' ke Barat (-1.1') /tahun

5	2014	1° 6' 36" = 1.11°	1.1' ke Barat (-1.1') /tahun
---	------	----------------------	---------------------------------

Dari data deklinasi magnetik yang telah dijelaskan, nilai deklinasi magnetik (*decination*) maupun perubahan deklinasi magnetik dari tahun ke tahun /*annual change* (*ac*) atau disebut juga dengan variasi sekuler/*secular variation* (*sv*) untuk Kota Salatiga yang bersumber dari WMM dan IGRF tampak menunjukkan perbedaan. Selisih nilai deklinasi magnetik maupun selisih antara versi IGRF11 dan WMM2010 selama kurun waktu 2010-2014 untuk Kota Salatiga adalah sebagaimana dalam tabel berikut:

Tahun	Perbedaan Deklinasi antara IGRF11 dan WMM2010	Perbedaan Deklinasi (SV/AC) antara IGRF11 dan WMM2010
2010	52.8"	-
2011	02.6"	40.2"
2012	43.4"	40.08"
2013	1' 28.8"	45.4"
2014	2' 13.2"	44.44"

Dari tabel di atas, jika diakumulasi, maka perbedaan perubahan nilai deklinasi magnetik untuk Kota Salatiga antara IGRF dan WMM selama kurun waktu 5 tahun adalah sebesar 2' 50.8" dibulatkan menjadi 2' 50" dan selisih perubahan rata-rata tahunan atau yang disebut variasi sekuler sebesar 42.7" dibulatkan menjadi 42". Angka ini sesuai dengan selisih *annual change/secular variation* yang dicantumkan pada masing-masing *software* di mana IGRF tiap tahun mulai 2010 hingga 2014 mencantumkan *annual*

change untuk Salatiga 1.1' ke Barat (-1.1') dan WMM mencantumkan *secular variation* sebesar -0.4'.

Perbedaan yang ditimbulkan ini, menurut Khafid, adalah hal yang wajar karena satu lembaga dengan lembaga lain dalam melakukan input data program ke model *software* yang mereka produksi sangat mungkin ada perbedaan sehingga output datanya juga juga berbeda (wawancara, 22 Juni 2013).

Perlu diperhatikan bahwa kalkulator deklinasi magnetik model IGRF akurat hingga 30 menit busur. Pengguna harus memperhatikan bahwa beberapa faktor lingkungan dapat menyebabkan kekacauan medan magnet. Hal ini dapat dilihat dari pernyataan yang tertulis di situs online kalkulator NGDC tersebut (gambar 3.5) yang berbunyi "*result are typically accurate to 30 minutes of arc. User should be aware that several environmental factors can cause disturbances in the magnetic field*".

Penting juga untuk mengenali bahwa WMM mempunyai keterbatasan sebagaimana disebutkan dalam situsnya. Grafik yang dihasilkan dari model WMM mencirikan hanya bagian panjang-panjang gelombang medan magnet internal Bumi, yang terutama dihasilkan dalam cairan inti luar Bumi. Bagian dari medan geomagnetik yang dihasilkan oleh kerak dan lapisan atas Bumi maupun yang dihasilkan oleh ionosfer dan magnetosfer, sebagian besar tidak terwakili dalam WMM tersebut. Akibatnya, sensor magnetik seperti kompas atau magnetometer dapat mengamati anomali magnetik spasial dan temporal ketika dirujuk ke WMM tersebut. Secara khusus, beberapa anomali lokal,

regional, dan temporal deklinasi magnetik dapat melebihi 10 derajat. Anomali sebesar ini tidak umum, tetapi mereka memang ada. Anomali deklinasi dari urutan 3 atau 4 derajat bukanlah hal yang tidak biasa tapi biasanya jumlahnya sedikit (<http://ngdc.noaa.gov/geomag/WMM/limit.shtml>, akses 15 Juni 2013).

C. Pengaruh deklinasi magnetik terhadap penentuan utara sejati di Kota Salatiga

Untuk mengetahui pengaruh deklinasi magnetik pada kompas terhadap penentuan utara sejati, jalan yang dilakukan peneliti adalah pengukuran secara langsung. Pada pelaksanaannya pengukuran secara langsung dilakukan dengan menggunakan theodolite. Pengukuran secara langsung ditujukan untuk mengetahui nilai deklinasi yang terjadi secara nyata. Nilai inilah yang menjadi bukti bahwa deklinasi pada kompas berpengaruh terhadap penentuan utara sejati .

Disamping itu, pengukuran secara langsung juga bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya kesesuaian antara hasil lapangan dengan hasil yang dikeluarkan oleh WMM (*World Magnetic Model*) dan IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*).

Dari penelitian lapangan yang dilakukan di Salatiga, nilai deklinasi magnetik untuk Kota Salatiga adalah sebagaimana tabel berikut ini:

NO	Tempat	Koordinat	Deklinasi
1	Lapangan Klumpit	7° 20' 41.6" LS 110° 31' 12.5" BT	1° 35' 15"
2.	Halaman Graha Korpri	7° 19' 43.5" LS	2° 33' 43"

		110° 29' 54.1" BT	
3.	Lapangan Jambesari	7° 18' 51.5" LS 110° 28' 39.1" BT	1°38'59"
4.	Lapangan Kembangarum	7° 20' 07" LS 110° 29' 24" BT	1° 38'17"
5.	Lapangan Tingkir	7° 21' 33.9" LS 110° 30' 54.4" BT	1° 37'56"
6.	Lapangan Nglempong	7° 21' 16.7" LS 110° 31' 07.4" BT	0° 43' 53"

Dari data di atas bisa dilihat nilai deklinasi magnetik (dalam pembulatan) adalah 1°38' (tabel no.4 dan 5) pada 2 tempat; 1°39' (tabel no.3) pada 1 tempat; 1°35'(tabel no.1) pada 1 tempat. Empat nilai ini bisa dianggap nilai rata-rata karena selisihnya hanya antara 1 hingga 4 menit. Berbeda dengan nilai deklinasi magnetik yang tersisa (tabel no.2 dan 6) yang berbeda jauh dengan hasil observasi pada tempat-tempat lainnya yang diteliti yakni dengan nilai deklinasi 2° 33' 43" (02° 34') dan 0° 43' 53"(0° 44').

Dari enam kali observasi, empat kali observasi (observasi pertama, ketiga, keempat, dan kelima) menghasilkan angka deklinasi magnetik yang selisihnya sekitar 1' hingga 4'. Jika diurutkan dari yang paling kecil, urutannya adalah 1°35', 1°38', dan 1°39'. Angka ini memiliki perbedaan dengan perkiraan deklinasi magnetik untuk Kota Salatiga yang dikeluarkan

WMM (*World Magnetic Model*) dan IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*).

Perbedaan nilai deklinasi magnetik yang dihasilkan dalam keempat observasi tersebut dianggap wajar karena selisihnya yang masih di kisaran 30 menit. Hal ini karena akurasi perkiraan deklinasi magnetik yang dinyatakan dalam situs resmi NGDC (*National Geophysic Data Center*), pengelola software WMM2010 dan IGRF11, adalah hingga 30 menit busur.

Menurut Amhar (2004: 5) di Eropa atau Amerika nilai deklinasi magnetik sangat besar (beberapa belas/puluh derajat), namun perubahannya tampak teratur (periodis), sedangkan di Indonesia angka deklinasinya kecil namun perubahannya tidak teratur dan bisa lebih besar dari angka deklinasinya sendiri. Oleh karenanya, nilai deklinasi magnetik yang dihasilkan keempat observasi tersebut dianggap akurat untuk dijadikan acuan dalam melakukan koreksi deklinasi magnetik pada kompas dalam menentukan utara sejati di Kota Salatiga.

Untuk dua observasi tersisa (observasi kedua dan keenam) menghasilkan nilai deklinasi magnetik yang jauh berbeda dibandingkan dengan hasil yang dikeluarkan WMM (*World Magnetic Model*) dan IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*). Observasi kedua menghasilkan nilai deklinasi magnetik sebesar $2^{\circ} 34'$, sedangkan observasi keenam menghasilkan nilai deklinasi magnetik sebesar $44'$. Perbedaan tersebut dianggap tidak wajar karena selisihnya yang lebih dari 30 menit dari perkiraan deklinasi magnetik untuk Kota Salatiga yang dikeluarkan WMM (*World Magnetic Model*) dan

IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*). Adanya anomali tersebut oleh karenanya menjadikan nilai deklinasi magnetik yang dihasilkan tidak bisa dianggap akurat untuk dijadikan acuan dalam melakukan koreksi kompas dalam menentukan utara sejati di Kota Salatiga.

Terkait dengan pengaruh deklinasi magnetik pada kompas terhadap penentuan utara sejati di Kota Salatiga, berdasarkan observasi yang telah dilakukan ada beberapa hal yang perlu diperhatikan:

a. Pengaruh kemagnetan Bumi

Magnet Bumi adalah besaran vektor yang bervariasi dalam ruang, dan waktu. Magnet Bumi (*Earth's magnetic*) biasanya disimbolkan dengan B , ruang (*space*) dengan r , dan waktu (*time*) dengan t . Medan magnet yang diukur dengan sensor magnetik pada permukaan atau di atas permukaan Bumi, sebenarnya merupakan gabungan dari beberapa kontribusi medan magnet yang dihasilkan oleh berbagai macam sumber. Medan ini berlapis-lapis dengan masing-masing sumber dan medan yang berinteraksi satu sama lain melalui proses induksi (Thomson, 2010: 20).

Sumber-sumber geomagnetik adalah (Thomson, 2010: 20):

a. Medan inti (B_{core}), yang dihasilkan dalam konduksi Bumi, fluida luar inti Bumi;

b. Medan kerak (B_{crust}), dari kerak Bumi / lapisan atas;

c. Medan gangguan terkombinasi ($B_{disturbance}$), dari arus listrik di atas atmosfer dan magnetosfer, yang juga menyebabkan arus listrik di laut dan tanah.

Dengan demikian, medan magnet yang diamati adalah jumlah kontribusi:

$$B(r, t) = B_{core}(r, t) + B_{crust}(r) + B_{disturbance}(r, t)$$

B_{core}, dihasilkan dari dalam konduksi Bumi dan fluida luar inti Bumi.

B_{core} adalah bagian yang mendominasi medan. Terhitung lebih dari 95% dari kekuatan medan magnet berada pada tempat ini. Variasi sekular pada bagian ini terjadi secara lambat (Thomson, 2010: 21)

B_{crust}, dihasilkan dari kerak Bumi atau lapisan atas. Medan kerak timbul dari batuan kerak yang termagnetikasi. *B_{crust}* bervariasi secara spasial, tetapi hampir konstan pada waktu untuk skala waktu yang dianggap di sini. Di sebagian besar lokasi *B_{crust}* jauh lebih kecil magnitudonya dari *B_{core}* tetapi dapat memiliki dampak lokal yang signifikan pada penggunaan perangkat kompas magnetik (Thomson, 2010: 21)

B_{disturbance} timbul dari arus yang mengalir di ionosfer dan magnetosfer. *B_{disturbance}* juga merupakan arus induksi yang dihasilkan dari lapisan dan kerak Bumi. *B_{disturbance}* sangat bervariasi. Variasi tersebut sesuai dengan lokasi dan waktu (Thomson, 2010: 21).

Magnetosfer adalah suatu daerah di angkasa yang bentuknya ditentukan oleh luasnya medan magnet internal Bumi, plasma angin surya, dan medan magnet antarplanet. Magnetosfer ibarat perisai, sehingga seperti biasanya akan menjadi pelindung Bumi ketika aktivitas badai Matahari sedang mengalami puncaknya. Magnetosfer juga berfungsi sebagai penangkal petir bagi Bumi, yang berarti lapisan ini menangkal radiasi berbahaya dari

Matahari, misalnya, partikel alpha, beta, angin surya dan semburan massa korona (Admiranto, 2009: 99).

Thomson menyatakan bahwa arus magnetosfer utamanya dapat memicu interaksi medan magnet internal Bumi dengan angin Matahari. Akibatnya sumber-sumber ini sangat dipengaruhi oleh aktivitas Matahari dan dapat berfluktuasi secara tak terprediksi (Thomson, *et al*, 2011: 20).

Ionosfer adalah bagian atmosfer yang terionisasi oleh radiasi Matahari. Lapisan ini berperan penting bagi keelektrikan atmosfer dan membentuk batas dalam lapisan magnetosfer. Fungsi utamanya, di antara fungsi-fungsi yang dimilikinya, adalah memengaruhi rambatan radio ke tempat-tempat yang jauh di muka Bumi (Thomson, *et.al*, 2011:21).

Dari tiga hal di atas, lapisan-lapisan Bumi, magnetosfer dan ionosfer, yang memberi pengaruh terhadap besaran deklinasi magnetik lahirilah rumusan baru. Rumusan tersebut mendefinisikan total medan magnet di atas permukaan Bumi (Varatharajoo, 2007: 1). Rumusan tersebut adalah :

$$B(r, t) = B_m(r, t) + B_l(r, t) + B_c(r, t)$$

B_m adalah medan yang dihasilkan oleh inti luar Bumi, biasanya disebut medan utama. B_l adalah medan yang dihasilkan oleh kerak Bumi dan wilayah lapisan atas pada litosfer. B_c adalah medan yang dihasilkan oleh arus listrik ionosfer dan magnetosfer. Simbol “ r ” merepresentasikan posisi vektor di mana medan disebutkan dan “ t ” adalah waktu. Medan utama (B_m) memberikan kontribusi lebih dari 95% dari total medan. Besar gaya dari medan di permukaan Bumi bervariasi dari sekitar 50.000 nT (*nanotesla*) atau

0,5 G (*Gauss*) untuk kutub dan 30.000 nT (*nanotesla*) atau 0,3 G (*Gaus*) untuk khatulistiwa (Varatharajoo, 2007: 2).

Hasil observasi pada Lapangan Nglempong, Kelurahan Tingkir Lor, Kecamatan Tingkir yang nilai deklinasi magnetiknya jauh berbeda dengan nilai deklinasi magnetik Kota Salatiga pada umumnya saat observasi sangat mungkin dikarenakan pengaruh aktivitas dan radiasi Matahari yang berdampak terhadap kemagnetan Bumi pada lapisan magnetosfer dan ionosfer.

Hal ini berdasarkan fakta bahwa penelitian dilakukan kurang lebih selama satu setengah jam dari 14.00 sampai 15.00 WIB di mana saat itu kondisi Matahari sangat terik, sedangkan tempat pengukuran berada di tengah lapangan desa yang relatif minim dari pengaruh benda-benda magnetik seperti besi, tiang listrik maupun kendaraan. Setelah beberapa kali ujicoba nilai deklinasi magnetik yang dihasilkan selalu menunjuk pada kisaran $0^{\circ} 43'$ dan $0^{\circ} 44'$.

b. Pengaruh benda-benda magnetik di sekitar kompas

Pemakaian bahan yang dapat menarik atau menolak magnet terbagi menjadi tiga (Umar, 2008: 14) :

1. Bahan magnetik atau ferromagnetik, yaitu bahan yang ditarik dengan mudah oleh magnet. Contoh dari bahan ini adalah besi, nikel, cobalt, dan baja.

2. Bahan paramagnetik, yaitu bahan yang ditarik lemah oleh magnet. Contoh dari bahan ini adalah aluminium dan kayu.

3. Bahan diamagnetik, yaitu bahan yang menolak magnet. Contohnya adalah emas.

Kerja kompas dipengaruhi oleh magnet yang berada di sekitarnya. Agar penggunaan kompas dalam mencari arah dapat maksimal hendaknya benda-benda yang mengandung magnet disingkirkan. Pemakaian kompas yang jauh dari benda-benda magnetik saat observasi harus diupayakan jika ingin memperoleh angka deklinasi magnetik yang cukup akurat. Pemakaian tersebut seperti di tengah lapangan, di tengah sawah, atau di tengah hutan, atau di tempat-tempat lain yang minim benda magnetik. Sebaliknya, tempat observasi yang banyak benda magnetik, akan menghasilkan angka deklinasi yang tidak akurat.

Hal tersebut telah dibuktikan lewat penelitian yang dilakukan di halaman Graha Korpri. Halaman Graha Korpri menyerupai lapangan basket yang terletak di tengah Kota. Peneliti memilih tempat penelitian tersebut dengan tujuan untuk membuktikan pengaruh benda-benda magnetik di sekitar terhadap nilai deklinasi magnetik yang dihasilkan. Oleh karenanya tempat yang dipilih pun juga berbeda dari tempat-tempat observasi yang lainnya.

Jika tempat observasi kesemuanya berupa lapangan yang berada cukup jauh dari Kota dan benda-benda magnetik lainnya, bahkan ada yang di sekelilingnya masih berupa perkebunan kayu, maka Halaman Graha Korpri ini merupakan pengecualian karena berada di tengah Kota, dekat dengan bangunan, dan cukup dekat dengan jalan raya yang dilalui banyak sekali

kendaraan, bahkan beberapa mobil tampak berada di sekeliling halaman tersebut.

Halaman Graha Korpri, tepatnya di sekitar titik tengahnya, mempunyai koordinat $7^{\circ} 19' 43.5''$ LS dan $110^{\circ} 29' 54.1''$ BT. Pengujian dilakukan pada tanggal 19 Juni 2013, diantara pukul 13.15-14.00. Setelah dilakukan pengujian beberapa kali angka deklinasi yang dihasilkan berkisar antara $2^{\circ} 44'$ dan $2^{\circ} 45'$. Ini menunjukkan bahwa penggunaan kompas di tengah lapangan yang terletak di tengah Kota dengan kondisi sekitar yang tidak terlalu jauh dari benda-benda magnetik berpengaruh terhadap nilai deklinasi bahkan hingga hitungan derajat.

Hasil ini tidak hanya menegaskan atau membuktikan validitas pengaruh magnet terhadap kerja kompas, tetapi juga menyiratkan perlunya penelitian lanjutan yang berhubungan dengan pengaruh benda magnetik terhadap kompas.

c. Sumber data deklinasi magnetik

Ada banyak lembaga yang mengeluarkan data deklinasi magnetik di dunia ini. Di Indonesia lembaga tersebut adalah Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Sebelumnya lembaga ini bernama Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG). Masalah kemagnetan Bumi berada di bawah Bidang Geofisika Potensial dan Tanda Waktu.

Pada saat ini BMKG melakukan pengamatan fenomena kemagnetan bumi di 5 stasiun, yaitu di stasiun Geofisika Tangerang (1964), stasiun Geofisika Tuntungan, Medan (1980), dan stasiun Geofisika Manado di

Tondano (1990). Sedangkan 2 stasiun lainnya baru mulai operasi akhir tahun 2006, yaitu di [Stasiun Geofisika Kupang](#) dan dan Stasiun Geofisika Bandung di Pelabuhan Ratu. Selain melakukan pengamatan magnet bumi secara stasioner, BMG juga melakukan pengamatan magnet bumi secara berkala di titik-titik tertentu yang disebut sebagai repeat stations, setiap 5 (lima) tahun sekali. Jumlah repeat station saat ini ada 84 titik. Hasil pengukuran ini digunakan untuk memperbaharui peta iso-magnetic di Indonesia (Noor Efendi, wawancara 11 Juni 2013).

Pada tahun 1960, survey magnetik untuk setiap stasiun pengulangan sudah dilakuanoleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Dalam catatan geofisika lima komponen geomagnetik dikoreksi untuk tahun epoch 2010.0. Kelima komponen magnetik tersebut terdiri atas komponen deklinasi (D), komponen inklinasi (I), komponen vertikal (Z), komponen horizontal (H) dan komponen magnet total (F). Keseluruhan data dikoreksi dengan base stasiun yang berada di stasiun geomagnetik Tondano, sebagai standarisasi (Noor Efendi, wawancara 11 Juni 2013).

Di dunia internasional salah satu lembaga yang membidangi kemagnetan Bumi adalah *The International Association of Geomagnetism and Aeronomy* (IAGA). IAGA adalah salah satu delapan asosiasi internasional yang tergabung dalam *International Union of Geodesy and Geophysic* (IUGG). IAGA adalah organisasi internasional yang mengeluarkan serangkaian model matematis, yang terkenal dengan sebutan *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF) (Macmillan, 2007: 1)

Selain itu juga dikenal *World Magnetic Model* (WMM) yang merupakan produk gabungan dari *National Geospatial-Intelligence Agency* Amerika Serikat (NGA) dan *Defense Geographic Centre* (DGC) Inggris. WMM dikembangkan bersama oleh *National Geophysical Data Center* (NGDC) dan *British Geological Survey* (BGS) (Thomson, 2009: 2)

Data yang dikeluarkan lembaga-lembaga di atas satu sama lain saling berbeda. Perbedaan tersebut berkisar pada hitungan menit, yang artinya perbedaan tersebut tidak sampai derajat diantara nilai deklinasi yang dikeluarkan lembaga-lembaga tersebut. Berikut ini adalah perbandingan hasil pengukuran langsung dengan hasil WMM (*World Magnetic Model*) dan IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*):

No	Nama Tempat	Waktu	Hasil Observasi	Hasil WMM	Hasil IGRF
1	Lapangan Klumpit	19 Juni 2013	1° 35' 15"	1° 9' 6"	1° 7' 14"
2	Halaman Graha Korpri	19 Juni 2013	2° 33' 43"	1° 9' 0"	1° 7' 8"
3	Lapangan Jambesari	20 Juni 2013	1° 38' 59"	1° 8' 53"	1° 7' 1"
4	Lapangan Kembangarum	23 Juni 2013	1° 38' 17"	1° 8' 57"	1° 7' 5"
5	Lapangan Tingkir	23 Juni 2013	1° 37' 56"	1° 9' 7"	1° 7' 15"

6	Lapangan	23 Juni	0° 43' 53"	1° 9' 6"	1°7'14"
	Nglempong	2013			

Pengaruh dari perbedaan angka-angka di atas bisa dilihat saat seseorang mengoreksi kompas. Jika dia mengikuti versi yang menyatakan bahwa angka koreksinya kecil maka perubahan pada kompas pada saat dikoreksi pun juga kecil. Sedangkan jika angka koreksinya bertambah maka perubahan kompas saat dikoreksi juga bertambah. Begitu juga jika angka yang diperlihatkan besar. Dari sini bisa dilihat bahwa ketepatan sebuah model dalam menghitung medan magnet yang mempengaruhi kompas atau sensor magnetik lainnya dipengaruhi oleh banyak hal, termasuk tempat di mana kompas digunakan.

Secara umum, model medan magnet saat ini seperti WMM (*World Magnetic Model*) dan IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*) memiliki akurasi deklinasi sekitar 30 menit busur atau 0.5 derajat dan inklinasi sekitar 200 *nanotesla* untuk elemen intensitas. Hal lain yang penting untuk dipahami adalah anomali lokal bisa melebihi 10 derajat. Hal tersebut memang ada meskipun tergolong jarang. Salah satunya adalah daerah di Minnesota yang memiliki daerah anomaly terpetakan sebesar 16 derajat deklinasi timur. Ukuran relatif anomali lokal berkisar 3 sampai 4 derajat (Thomson, 2009: 52).

III. PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Deklinasi magnetik di Kota Salatiga berdasarkan hasil observasi pada beberapa lokasi adalah $1^{\circ}35'$, $1^{\circ}38'$ dan $1^{\circ}39'$. Angka deklinasi magnetik ini berubah sesuai tempat dan waktu. Hasil observasi berbeda dengan hasil penghitungan model medan magnet IGRF11 maupun WMM2010. Ketidaksesuaian antara fakta di lapangan dan data hasil perhitungan berkisar antara 28 hingga 30 menit busur. Adapun perubahan deklinasi magnetik untuk Kota Salatiga kurun waktu 2010-2014 berdasarkan kalkulator deklinasi magnetik versi IGRF (*International Gemagnetic Reference Field*) maupun WMM (*World Magnetic Model*) adalah ke Barat atau minus (berkurang) tiap tahunnya. Perubahan tersebut dapat dilihat melalui perubahan nilai dari tahun ke tahun selama kurun waktu 5 tahun tersebut yang berkurang sekitar $1.1'(1'6'')$ ke Barat per tahun (versi IGRF11) atau $-0.4'(0'24'')$ (versi WMM2010) per tahun.
2. Deklinasi magnetik pada kompas memberi pengaruh terhadap penentuan utara sejati. Pengaruh tersebut adalah pada keakuratan utara sejati yang dihasilkan setelah kompas dikoreksi dengan deklinasi magnetik. faktor utama yang berperan terhadap pengaruh deklinasi magnetik pada kompas terhadap penentuan utara sejati ini bertumpu pada data dan aplikasi. Adanya perbedaan data deklinasi magnetik dari berbagai lembaga dan hasil observasi hingga hitungan menit, menunjukkan bahwa tidak mungkin memperhitungkan nilai deklinasi dengan ketelitian tinggi. Dalam aplikasinya pun sangat sulit untuk mengoreksi kompas dengan nilai

deklinasi magnetik di bawah 2 derajat seperti di Kota Salatiga hingga ketelitian menit apalagi detik. Oleh karena itu, sulit untuk menghasilkan akurasi yang tinggi dalam menentukan utara sejati dengan menggunakan kompas sekalipun telah dikoreksi dengan nilai deklinasi magnetik.

B. Saran-saran

1. Tidak dianjurkan menggunakan kompas dalam menentukan arah utara sejati jika ingin mendapatkan hasil dengan ketelitian tinggi.
2. Untuk di Indonesia, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) perlu membuat semacam kalkulator deklinasi magnetik sebagaimana *National Geophysical Data Center* (NGDC) atau *British Geological Survey* (BGS). Hal ini karena Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) adalah lembaga yang membidangi kemagnetan Bumi di Indonesia.
3. Diharapkan ada penelitian lebih lanjut mengenai deklinasi magnetik dan deviasi magnetik serta hubungan antara keduanya agar pemakaian kompas untuk menentukan arah utara geografik dapat memberikan hasil yang lebih teliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, Shofwatul, 2011, *Akurasi dan Toleransi Rasd al-qiblat global sebagai metode penentuan arah kiblat (Kajian Astronomi tentang batas tanggal Rasd al-Qiblat global)*, (Tesis-tidak diterbitkan), Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo.
- Admiranto, Gunawan, 2009, *Menjelajahi Tata Surya*, Yogyakarta: Kanisius
- Al-Bukhari, 1981, *Sohih Al-Bukhori Juz 14*, Istanbul : Dar Al-Fikr.
- Amhar, Fahmi, 2004, *Mendapatkan Angka Deklinasi Magnetik Untuk Peta Rupabumi (pdf file)*, http://www.fahmiamhar.com/download/2004-05-13_rakorteksig_mendapatkan-angka-dekl-magnetik-untuk-peta-rupabumi, diakses 11 Januari 2013.
- Amirin, Tatang, M., 1995, *Menyusun Rencana Penelitian, cet III*, Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Arikunto, Suharsimi, 2010, *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*, cet XIV, Jakarta: Rineka Cipta.
- Arkanuddin, Muthoha, 2009, *Menentukan Arah Kiblat (pdf file)*, <http://rukyatulhilar.org/arah-kiblat/index.html>, 7 Mei 2009, diakses 25 Oktober 2012.
- Azhari, Susiknan, 2001, *Ilmu Falak: Teori dan Praktek*, cet I, Yogyakarta: Lazuardi.
- Azwar, Saifudin, 2007, *Metode Penelitian*, cet VIII, Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Baehaqi, Imam, (ed.), 2002, *Agama dan Relasi Sosial: Menggali Kearifan Dialog*, Yogyakarta: LKis
- Bappeda Salatiga, 2009, *Salatiga dalam Angka*, Pemerintah Kota Salatiga
- _____, 2012, *Salatiga dalam Angka*, Pemerintah Kota Salatiga
- _____, 2013, *Sistem Informasi Profil Daerah Semester II 2012*, Pemerintah Kota Salatiga
- Bradford, George, 2001, *Structure protection in the I-zone: focusing your wildland experience for the urban interface*, New York: Fire Engineering
- Departemen Agama, 2005, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, Bandung: PT Syamil Cipta Media.

Departemen Agama R.I, 1994, *Pedoman Tehnik Rukyat*, cet II, Jakarta: Direktorat Jenderal Pembinaan Kelembagaan Agama Islam.

Gunawan, Totok *et al*, *Fakta dan Konsep Geografi*, Jakarta: Inter Plus.

Hambali, Slamet, 2010, *Penentuan Arah Kiblat dengan Segitiga Siku-siku dari Bayangan Matahari Setiap Saat*, (Tesis-tidak diterbitkan), Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo.

_____, 2011, *Ilmu Falak I*, cet I, Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo.

Heinz, Frick, 1985, *Ilmu dan Alat Ukur tanah*, Yogyakarta: Kanisius.

Hollander, Den, H.I, 1951, *Ilmu Falak untuk sekolah menengah di Indonesia*, Jakarta: J. B. Wolters – Groningen.

Hornby, AS., 1995, *Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English*, London: Oxford University Press

Ilyas, Mohammad, 1984, *A Modern Guide To Astronomical Calculations Of Islamic Calender, Times, & Qibla*, Kuala Lumpur: Berita Publishing.

Izzudin, Ahmad, 2011, *Kajian terhadap Metode-metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*, (Disertasi -tidak diterbitkan), Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo.

_____, (ed), 2012, *Hisab Rukyat Menghadap Kiblat : Fiqh, Aplikasi Praktis, Fatwa, dan Software*, cet I, Semarang: Pustaka Rizki Putra.

Jamil, A, 2009, *Ilmu Falak Teori dan Aplikasi*, Jakarta: Amzah.

Juanico, Meliton, 1987, *Physical Geography*, Manila: Goodwill trading, Inc.

Kartodirdjo, Sartono, 1993, *Pendekatan Ilmu Sosial dalam Metodologi Sejarah*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama

Keller, William, 2001, *Keller's Outdoor Survival Guide*, Canada: Willow Creek Press.

Kerr, David, 2002, *Verification Magnetic Declinations computed by World Magnetic Model* (pdf file), http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ang/offices/tc/about/campus/faa_host/labs/tgf/media/Verification.pdf, diakses 13 Juli 2013.

Kerrod, Robin, 2005, *Astronomy*, diterjemahkan oleh Syamaun Peusangan,

Jakarta: Erlangga

Khazin, Muhyiddin, 2005, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktek*, cet.II, Yogyakarta: Buana Pustaka.

_____, 2005, *Kamus Ilmu Falak*, cet I, Yogyakarta: Buana Pustaka.

_____, 2006, *Cara Mudah Mengukur Arah Kiblat*, cet.II, Yogyakarta: Buana Pustaka.

Macmillan, Susan, 2007, *IGRF-International Geomagnetic Reference Field (pdf file)*, <http://nora.nerc.ac.uk/3981/1/75CAE7C0.pdf>, diakses 13 Juli 2013.

Mardalis, 2003, *Metode Penelitian Suatu Pendekatan Proposal*, Jakarta: Bumi Aksara.

Marshak, Stephen, 2001, *Earth; Portrait of a Planet*, New york; W. W. Norton & Company.

Martono, Nanang, 2010, *Metode Penelitian Kuantitatif: Analisis Isi dan Analisis Data Sekunder*, cet I, Jakarta, Rajawali Press.

Meliton, Juanico, 1987, *Physical Geography*, Quezon City: JMC Press

Moleong, Lexy, Prof, 2007, *Metodologi Penelitian Kualitatif*, Bandung; Remaja Rosdakarya.

Muhadjir, Noeng, 1990, *Metode Penelitian Kualitatif*, Yogyakarta: Rake Sarasin.

Mundilarto dan Istiyono, Edi, 2007, *seri IPA ; Fisika 3 untuk SMP IX*, Jakarta: Quadra.

Nazir, Moh, 1985, *Metode Penelitian*, Bogor: Ghalia Indonesia.

Neufeldt, Victoria (ed), *Webster's New World College Dictionary Third Edition*, New York: Macmillan

Pedersen, Olaf, 1993, *Early Physics and Astronomy : A Historical Introduction*, Rev ed, Great Britania, Cambridge University Press.

Puntodewo, A., Dewi, S., Tarigan, J, 2003, *Sistem Informasi Geografis Untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam*, Jakarta: Cifor (Center for International Forestry Research). Rachim, Abd., 1983, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Liberty.

Rachim, Abd., 1983, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Liberty.

- Ramdan, Anton, 2009, *Islam dan Astronomi*, Jakarta: Bee Media Indonesia.
- Samadi, 2007, *Geografi 3 : SMA kelas XII*, Jakarta: Quadra
- Serway, Raymond A., 2007, *Essential of College Physics*, USA: Thomson Learning, Inc.
- Sevilla, Conseloe G., *et.al*, 1993, *Pengantar Metode Penelitian*, terj; Alimudin Tuwu, Jakarta; UI Press
- Sodiq, Sriyatin, 1994, *Ilmu Falak*, Surabaya: Universitas Muhammadiyah Surabaya.
- Subagyo, Joko, 1991, *Metode Penelitian dalam Teori dan Praktek*, cet I, Jakarta: Rineka Cipta.
- Sugiyono, 2006, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*, cet I, Bandung: Alfabeta.
- Suhanda, Irwan, 2007, *Jelajah Iptek Cyber Muda*, Jakarta; Buku Kompas
- Supangkat, Eddy, 2007, *Salatiga, Sketsa Kota Lama*, Salatiga: Griya Media
- Supriyatna, Encup, 2007, *Hisab Rukyat dan Aplikasinya*, Bandung: PT. Refika Aditama.
- Surur, Misbakhus, 2011, *Perhitungan Arah Kiblat Akurasi Tinggi (Studi Analisa Dengan Menggunakan Metode Vincenty)*, (Tesis-tidak diterbitkan), Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo.
- Swantoro, P, 2002, *Dari Buku ke Buku Sambung Menyambung Menjadi Satu*, Jakarta: Kepustakaan Populer Gramedia
- Thomson, *et.al*, 2009, *Geomagnetism, Review 2007- 2008 (pdf file)*, [http://www. geomag.bgs.ac.uk/research/publications.html](http://www.geomag.bgs.ac.uk/research/publications.html), diakses pada tanggal 20 Juni 2013.
- _____, 2010, *The US/UK World Magnetic Model for 2010-2015, NOAA Technical Report NESDIS/NGDC, (pdf file)*, <http://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/WDMAM/TaskGroupWDMAM/04July12s.pdf>, diakses pada tanggal 20 juni 2013
- _____, 2011, *geomagnetism review*, United Kingdom: British Geological Survey
- Tim Lajnah Falakiyah, 2011, *Ringkasan Ilmu Hisab*, Cet I, Kediri: Lajnah Falakiyah Pon-Pes Lirboyo.

Tim Penyusun Revisi Buku Revisi Almanak Hisab Rukyat, 2010, *Buku Almanak Hisab Rukyat*, Jakarta: Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Kementerian Agama Republik Indonesia.

Touche, Fred, 2005, *Wilderness navigation*, Canada: Friesens Corporation

Umar, Dr, Efrizon, 2008, *Buku Pintar Fisika*, Jakarta: Media Pusindo

Utoyo, Bambang, 2007, *Geografi: Membuka Cakrawala Dunia, untuk Kelas X Sekolah Menengah Atas*, Bandung: Setia Purna Inves

Varatharajoo, Renuganth, *et.al*, 2007, *Earth Magnetic Field Model for Satellite Navigation at Equatorial Vicinity (pdf file)*, <http://www.geomag.bgs.ac.uk/research/publications.html>, diakses pada tanggal 20 juni 2013

Wariyono, Sukis, 2008, *Mari Belajar Ilmu Alam Sekitar 3*, Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional

Wospakrik, Hans J., 2005, *Dari Atomos Hingga Quark*, Jakarta: KPG (Kepustakaan Populer Gramedia) dan Penerbit Universitas Atma Jaya.

Windelspecht, Michael, 2002, *Groundbreaking scientific experiments, inventions and discoveries of the 17th century*, Wesport : Greenwood Press.

Young, Hugh D., & Roger A. Freedman, 2003, *Fisika Universitas (Sears and Zemansky's University Physics) terj. Pantur Silaban*, Jakarta: Erlangga.

Zirker, Jack B., 2009, *The Magnetic Universe : the elusive traces of an invisibles force*, Maryland: John Hopkins University Press

Zumberge, H, James, *et.al*, 2007, *Physical Geology*, New York; Mc Graw-Hill Companies

Website:

<http://bmkgo.id>

<http://magnetic-declination.com>

<http://www.geomag.bgs.ac.uk>

<http://www.iugg.org>

<http://www.ngdc.noaa.gov>

<http://nora.nerc.ac.uk>

<http://www.pemkot-salatiga.go.id>

Wawancara

Wawancara dengan Bpk.Noor Efendi, staf sub bidang Kemagnetan Bumi dan Kelistrikan Udara Bidang Geofisika Magnet Bumi dan Tanda Waktu BMKG RI, melalui telepon 11 Juni 2013.

Wawancara dengan Bpk. Dr. Ing. Khafid, 22 Juni 2013 di Semarang.