

BAB IV

**ANALISIS TERHADAP URGENSI KETINGGIAN TEMPAT DALAM
FORMULASI PENENTUAN AWAL WAKTU SHALAT**

A. Analisis Urgensi Ketinggian Tempat dalam Formulasi Penentuan Awal Waktu Shalat

Dari beberapa data pada Bab III menunjukkan beraneka macam penggunaan data ketinggian tempat oleh para ahli falak. Perbedaan respon dan penggunaan data ketinggian tempat tersebut dikarenakan ada pendapat yang menganggap ketinggian tempat tidak berpengaruh pada waktu shalat, sehingga ketinggian tempat dianggap menjadi tidak urgensi dalam formulasi penentuan awal waktu shalat. Oleh karena itu, untuk mengetahui urgensi tidaknya ketinggian tempat dalam formulasi penentuan awal waktu shalat, penulis mencoba menelusurinya dari pengaruh ketinggian tempat dalam waktu shalat.

Secara astronomi, ketinggian tempat mempengaruhi *atmospheric extinction*, yaitu pengurangan kecerahan suatu benda langit sebagai foton benda langit tersebut untuk menembus atmosfer kita. Efek dari *atmospheric extinction* ini tergantung pada transparansi, ketinggian pengamat, dan sudut puncak (sudut dari puncak untuk satu baris dari penglihatan). Ketika sudut puncak meningkat, cahaya dari objek bintang harus melalui suasana yang lebih, sehingga mengurangi

kecerahan. Oleh karena itu, bintang dekat zenit terlihat lebih terang daripada saat mendekati horizon.¹²⁹

Ada tiga faktor yang dapat dipertimbangkan untuk menilai secara kuantitatif dampak *atmospheric extinction*. Salah satunya adalah penyerapan Molekuler, terutama disebabkan ozon atmosfer dan air, yaitu sekitar 0,02 besarnya per massa udara.¹³⁰ Pengukuran menunjukkan bahwa konsentrasi ozon meningkat dengan ketinggian dan mencapai maksimum di sekitar ketinggian 25 km, kemudian turun dengan jumlah yang kecil pada ketinggian 50 km. Sedangkan konsentrasi uap air berkurang (turun) terhadap ketinggian.¹³¹

Sebagai sinar perjalanan cahaya dari lapisan ke lapisan, cahaya tersebut bergerak dengan udara pada ketinggian yang berbeda bergerak dalam arah yang berbeda pada berbagai kecepatan. Sinar yang melewati lapisan dibiaskan dengan jumlah yang terus berubah. Pada rentang waktu puluhan milidetik, posisi bintang akan berubah oleh pecahan detik derajat.¹³² Sehingga, pada saat mencapai tanah, sinar mungkin telah bergeser ke posisi yang sedikit berbeda dan kecerahannya pun berkurang. Oleh karena itu, observatorium gunung mempunyai *atmospheric extinction* yang lebih kecil. Begitu pula *atmospheric extinction* di musim dingin lebih kecil daripada di musim panas karena atmosfer sedikit air.

¹²⁹ <http://www.asterism.org/tutorials/tut28-1.htm> yang diakses pada tanggal 16 Maret 2011, situs ini disarankan oleh Hendro Setyanto dari hasil wawancara penulis *via facebook* pada tanggal 1 Maret 2011

¹³⁰ *Ibid*

¹³¹ Bayong Tjasyono, Departemen Geofisika dan Meteorologi, *Catatan Kuliah; GM-322 Meteorologi Fisis*, Bandung: Penerbit ITB, 2001, hlm 1.3

¹³² <http://spiff.rit.edu/classes/phys559/lectures/atmos/atmos.html> yang diakses pada tanggal 26 Maret 2011

Extinction ini menjadi signifikan ketika ketinggian suatu benda langit, (dalam hal ini yang dimaksud adalah matahari) lebih rendah dari sekitar 45°. Apabila posisi tersebut diamati di permukaan laut, kepunahan puncaknya sekitar 0,28 magnitudo. Sedangkan jika suatu benda langit pada ketinggian 12,5°, kepunahan adalah 1,28 magnitudo, meningkat sebesar 1,00 magnitudo lebih besar dari puncak pada saat 45°. Efeknya menjadi jauh lebih dramatis di ketinggian rendah bahkan di cakrawala, efek besarnya adalah 11,2 magnitudo.¹³³

Di samping itu, ketinggian suatu tempat juga ada kaitannya dengan refraksi. Bila sinar cahaya lewat dari ruang hampa angkasa antar bintang ke dalam atmosfer, maka kecepatannya berkurang. Perbandingan kecepatan sinar dalam ruang hampa dengan kecepatan sinar dalam ruang medium disebut indeks refraksi (indeks bias). Indeks refraksi atmosfer dapat dihitung berdasarkan ketinggian, karena tekanan barometric dan tekanan parsial uap air lebih cepat dibandingkan dengan temperatur udara. Penurunan indeks refraksi menyebabkan kenaikan kecepatan penjalaran gelombang dengan ketinggian, sehingga sinar dibelokkan ke bawah.¹³⁴

Namun, dari kedua point tersebut; *atmospheric extinction* dan refraksi; menurut penulis ketinggian tempat besar pengaruhnya pada kerendahan ufuk

¹³³ *Op cit*, <http://www.asterism.org/tutorials/tut28-1.htm>. Selain mengurangi kecerahan, *atmospheric extinction* juga menyebabkan memerahnya suatu bintang. Fenomena ini terkait dengan *extinction* (kepunahan) antar bintang di mana spektrum radiasi elektromagnetik dari sumber radiasi mengubah karakteristik dari objek yang awalnya dipancarkan. Matahari biasanya menjadi redup pada panjang gelombang pendek dengan terangnya tersebar di langit latar depan, dan cahaya ditransmisikan sehingga yang tersisa dan tampak adalah cahaya merah. Memerah ini terjadi karena hamburan *Rayleigh* mempengaruhi cahaya biru sehingga sudut zenith meningkatkan ada kemerahan yang sesuai dari objek bintang. Inilah yang menjadikan matahari ataupun bulan tampak merah ketika senja dan pagi hari. Lihat pada <http://mintaka.sdsu.edu/GF/explain/extinction/extintro.html> yang diakses pada tanggal 27 Maret 2011

¹³⁴ Bayong Tjasyono, *op cit*, hlm. V.8 – V.11

pengamat. Kerendahan ufuk atau *ikhtilaful ufuq* ialah perbedaan kedudukan antara ufuk *hakiki* (ufuk yang sebenarnya) dengan ufuk *mar'i* (ufuk yang terlihat) oleh seorang pengamat.

Dalam suatu pengamatan, kedudukan atau arah bidang horizon bagi pengamat di muka laut berbeda dengan kedudukan atau arah horizon bagi pengamat di tempat yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan bumi dianggap berbentuk bulat.¹³⁵ Bila tinggi suatu benda langit diamati pada ketinggian tertentu di atas permukaan air laut, maka tinggi benda langit yang terlihat tersebut adalah tinggi dari horizon pengamat (*ufuk mar'i*), bukan horizon hakiki. Horizon hakiki adalah suatu bidang yang melalui titik pusat bumi dan tegak lurus pada garis vertikal.¹³⁶

Saat kita berdiri di atas bumi, maka letak mata kita tidak pernah tepat pada permukaan bumi, akan tetapi senantiasa pada jarak tertentu di atasnya. Oleh karena itu, setiap pengamat yang mengamati benda-benda langit termasuk matahari dan bulan, matanya tidak akan tepat di permukaan bumi maupun di permukaan laut, melainkan pada ketinggian tertentu di atas benda langit tersebut.

Jika dari pengamat ditarik garis lurus sejajar dengan bidang horizon, maka garis atau bidang ini yang disebut dengan ufuk hakiki yang berjarak 90° dari zenith. Sedangkan ufuk yang terlihat dan tampak di lapangan merupakan batas persinggungan antara pandangan mata dengan permukaan bumi atau permukaan laut. Garis lurus yang ditarik dari batas persinggungan ini yang disebut dengan *ufuk mar'i*. Maka dari itu, *ufuk mar'i* lebih rendah daripada *ufuk hakiki*. Perbedaan

¹³⁵ Dimsiki Hadi, *op cit*, hlm. 99

¹³⁶ Abdr Rachim, *Op cit*, hlm. 29

ini lah yang dinamakan kerendahan ufuk, atau dalam istilah astronomi dikenal dengan *dip*.

Dip atau kerendahan ufuk ini sangat dipengaruhi oleh ketinggian tempat. Semakin tinggi kedudukan mata kita, semakin besar nilai kerendahan ufuk. Sehingga, tempat yang berada lebih tinggi akan menyaksikan benda langit terbit lebih awal serta melihat benda langit terbenam lebih akhir, dibandingkan dengan tempat yang lebih rendah. Koreksi kerendahan ufuk yang dipengaruhi oleh ketinggian tempat adalah untuk koreksi jika tinggi matahari kurang dari 10° , lebih dari nilai tersebut, koreksi dapat diabaikan saja, sebagaimana dalam Almanak Nautika:¹³⁷

An additional correction, given on page A4, is required for the change in the refraction, due to variations of pressure and temperature from the adopted standar conditions; it may generally be ignore for altitudes greater than 10° .

Dari beberapa keterangan tersebut, maka menurut penulis ketinggian tempat berpengaruh pada kerendahan ufuk yang teramati, selanjutnya berdampak pada posisi matahari yang teramati kemudian juga mempengaruhi sudut waktu matahari. Sebagai konsekuensinya, maka ketinggian tempat dikatakan mempengaruhi jadwal waktu shalat, yaitu waktu-waktu yang berhubungan dengan kerendahan ufuk dengan ketinggian matahari kurang dari 10° yakni waktu Maghrib, waktu Isya' dan waktu Subuh serta waktu terbit sebagai akhir waktu Subuh.

Dari beberapa perhitungan penulis menunjukkan bahwa pengaruh ketinggian tempat dalam waktu shalat tidak *linear*. Sehingga pengaruh tersebut

¹³⁷ Almanak Nautika, *op cit*, hlm. 259

tidak dapat digeneralisir dan dianggap sama besar dengan ketinggian tertentu, melainkan masing-masing ketinggian tempat mempunyai pengaruh selisih waktu yang berbeda antar ketinggian. Berdasarkan data perhitungan penentuan waktu shalat dengan ketinggian tempat, maka penulis menyimpulkan bahwa pengaruh ketinggian tempat terhadap waktu shalat (dalam suatu wilayah yang sama nilai lintang dan bujurnya) adalah sebagai berikut:

1. Waktu Maghrib

Waktu Maghrib adalah waktu dimana matahari tenggelam. Dalam astronomi waktu ini posisi tinggi matahari (h_0) diperkirakan sekitar -1° dari horizon. Ini adalah waktu shalat dimana posisi matahari paling dekat dengan horizon, sehingga menurut penulis, waktu Maghrib merupakan waktu shalat yang paling dipengaruhi oleh ketinggian tempat. Dari hasil perhitungan penulis, selisih waktu shalat yang menggunakan $h_0 - 1^\circ$ dan waktu shalat yang menggunakan data ketinggian tempat dengan formulasi $1.76\sqrt{h}$ adalah sebagai berikut.¹³⁸

Tabel 10. Selisih jadwal waktu shalat Maghrib $h_0: -1^\circ$
dengan $h_0: -(ku + ref + sd)$

Ketinggian pengamat (meter)	Selisih (menit)
50	0,18
75	0,38
100	0,68
150	0,85
200	1,08

¹³⁸ Serupa dengan tabel Daftar Koreksi Pengamat menurut Sa'aduddin Djambek, tabel tersebut juga berdasarkan ketinggian daerah sekeliling hingga kaki langit atau ufuk. Namun jika dibandingkan dengan tabel yang disajikan oleh Sa'aduddin Djambek, tabel selisih waktu untuk koreksi ketinggian tempat ini agak berbeda. Sedikit perbedaan ini dikarenakan pembulatan dua angka di belakang koma. Selain pembulatan koma, tabel daftar koreksi oleh Djambek hanya untuk waktu *syuruq* dan *ghurub* saja.

250	1,3
300	1,5
400	1,85
500	2,15
600	2,42
700	2,67
800	2,92
900	3,13
1000	3,35

2. Waktu Isya'

Waktu Isya' diperkirakan waktu dimana posisi h_0 matahari: -18° dibawah ufuk. Meskipun telah berada dibawah horizon 18° , menurut penulis pada posisi ini ketinggian tempat cukup mempengaruhi pengamatan kerendahan ufuk matahari sehingga mempengaruhi keberadaan sisa-sisa cahaya yang ada di langit. Dari hasil perhitungan yang membandingkan waktu shalat yang hanya menggunakan $h_0 -18^\circ$ dan waktu shalat yang menggunakan formulasi kerendahan ufuk $1.76\sqrt{h}$ dengan melibatkan data ketinggian tempat adalah sebagai berikut:

Tabel 11. Selisih jadwal waktu shalat Isya' $h_0: -18^\circ$ dengan $h_0: -(ku + ref + sd) + -17^\circ$

Ketinggian pengamat(meter)	Selisih (menit)
50	0,18
75	0,4
100	0,58
150	0,87
200	1,12
250	1,35
300	1,55
400	1,9
500	2,22
600	2,5
700	2,75

800	3
900	3,23
1000	3,45

3. Waktu Subuh

Waktu Subuh untuk Indonesia sekarang ini masih terdapat perbedaan dari kalangan ahli falak mengenai h_0 matahari. Ada yang menyebutkan h_0 matahari: -18° , -19° , dan -20° .

Tabel 12. Selisih jadwal waktu shalat Subuh' $h_0: -20^\circ$ dengan $h_0: -(ku + ref + sd) + -20^\circ$

Ketinggian pengamat(meter)	Selisih (menit)
50	- 0,18
75	- 0,4
100	- 0,58
150	- 0,86
200	- 1,12
250	- 1,35
300	- 1,55
400	- 1,9
500	- 2,22
600	- 2,5
700	- 2,76
800	- 3
900	- 3,23
1000	- 3,45

4. Terbit

Sebagaimana waktu Maghrib, waktu terbit matahari juga kurang lebih berada pada posisi $h_0: -1^\circ$ di bawah ufuk. Oleh karena itu, terbit sebagai tanda berakhirnya waktu Subuh juga terpengaruh dengan ketinggian tempat. Berkebalikan dengan Maghrib, untuk waktu terbit untuk daerah tinggi akan menyaksikan terbit lebih dahulu daripada daerah yang lebih rendah. Oleh karena itu, tempat yang lebih tinggi akan menyaksikan matahari lebih dahulu terbit dibandingkan dengan tempat yang lebih rendah.

Tabel 13. Selisih jadwal waktu shalat Terbit h_0 : -1
dengan h_0 : -(ku + ref + sd)

Ketinggian pengamat(meter)	Selisih (menit)
50	- 0,18
75	- 0,38
100	- 0,68
150	- 0,85
200	- 1,08
250	- 1,3
300	- 1,5
400	- 1,85
500	- 2,15
600	- 2,42
700	- 2,67
800	- 2,92
900	- 3,13
1000	- 3,35

5. Waktu Dzuhur

Waktu Dzuhur tidak terpengaruh oleh data ketinggian tempat karena waktu Dzuhur tidak berhubungan dengan ufuk. Waktu Dzuhur adalah waktu dimana kedudukan matahari sesaat setelah berkulminasi. Waktu ini posisi matahari hampir 90° dari ufuk. Oleh karena itu waktu Dzuhur tidak terpengaruh dengan data ketinggian tempat.

6. Waktu Ashar

Waktu Ashar adalah waktu dimana panjang bayang-bayang suatu benda lebih panjang dari benda yang sebenarnya. Pada saat itu diperkirakan posisi matahari 45° dari ufuk. Karena posisi tersebut dianggap masih tergolong tinggi dari ufuk maka pengaruh kerendahan ufuk terlalu kecil atau dianggap tidak ada. Oleh karena itu, waktu Ashar tidak terpengaruh oleh data ketinggian tempat.

Dari data tersebut menunjukkan dengan jelas bahwa ketinggian tempat berpengaruh pada waktu shalat, yaitu waktu shalat Maghrib, Isya' dan Subuh. Karena jelas berpengaruh dalam waktu shalat maka untuk keakurasian waktu shalat agar seseorang tidak menunaikan shalat sebelum waktunya atau berbuka puasa sebelum waktunya (terkait waktu Maghrib) maka ketinggian tempat suatu daerah dinilai sangat urgensi dalam formulasi penentuan awal waktu shalat. Sebab, sebagaimana dalam surat An Nisa 104, bahwa shalat merupakan ibadah yang telah ditentukan waktunya sehingga tidak dapat dilakukan sembarang waktu.

B. Analisis Formulasi Penentuan Awal Waktu Shalat yang Ideal Terkait Formulasi Kerendahan Ufuk Yang Berbeda-Beda

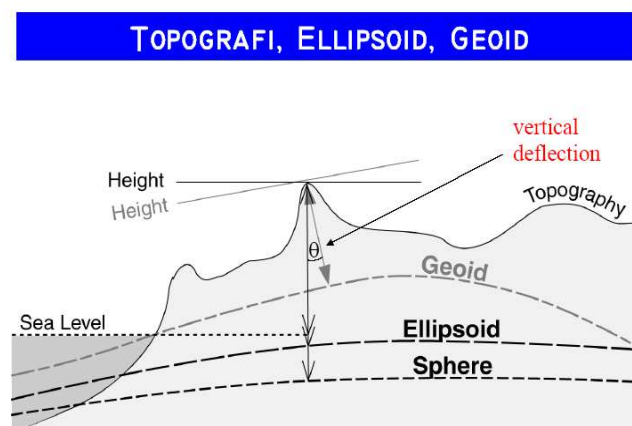
Dari beberapa pendapat ahli falak tentang formulasi waktu shalat dengan data ketinggian tempat, yaitu $dip (0.176' \sqrt{h}) + ref + sd$, $dip (0,0293 \sqrt{h}) + ref + sd$, dan $dip (0,98 \sqrt{h}) + ref + sd$ ataupun $(\sqrt{3,2 h}) + ref + sd$, menurut penulis, semua rumusan tersebut merupakan pendekatan dalam menentukan *dip* karena bentuk permukaan bumi yang tidak rata.

Bumi ini sebenarnya bukan berbentuk bulat rapi, melainkan berbentuk tidak rata. Hal ini dikarenakan pada bentuk permukaan bumi yang berupa dataran rendah, dataran tinggi, pegunungan, sungai, laut, dan sebagainya. Bentuk bumi yang tidak rata ini dalam geodesi digambarkan dengan *geoid*. *Geoid* adalah bidang ekipotensial gaya berat bumi yang berimpit dengan permukaan laut ideal. *Geoid* ini dianggap bentuk yang paling mendekati *mean sea level* (permukaan laut rata-rata). Sedangkan rumus-rumus yang ada merupakan rumus dibuat

berdasarkan bentuk *ellipsoid* bumi, yaitu bentuk pendekatan untuk *geoid* yang mana bentuk bumi digambarkan bulat agar memudahkan dalam perumusan suatu formulasi perhitungan-perhitungan bumi.¹³⁹



Gambar 5. bumi – *geoid* – *ellipsoid*



Gambar 6. garis pendekatan antara topografi bumi, *ellipsoid*, dan *geoid*.

Oleh karena itu, menurut penulis, banyaknya formulasi rumus ialah untuk mendapatkan nilai yang paling mendekati kebenaran mengenai kerendahan ufuk. Karena pusat dari bumi sendiri yang digunakan untuk pengukuran tinggi tempat masih berupa pendekatan, belum mencapai nilai mutlak. Dari turunan-turunan

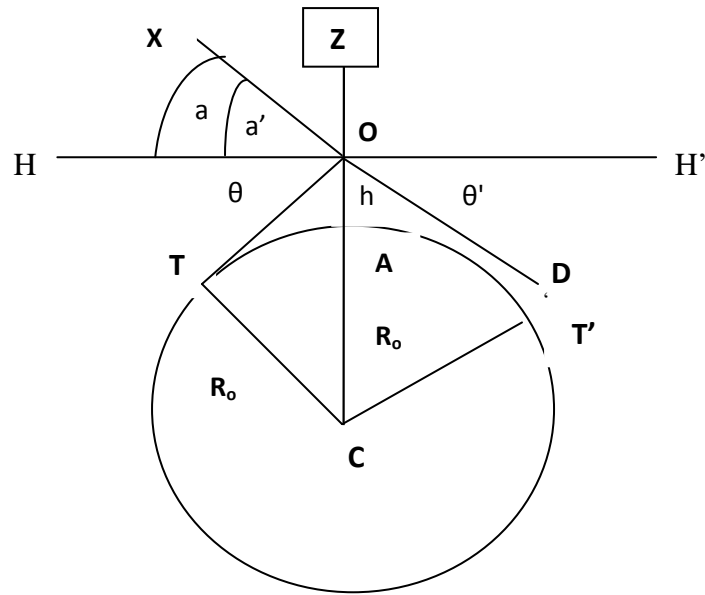
¹³⁹ Eddy Prahasta, *op cit*, hlm. 121, juga ada dalam materi power pint *Sistem Koordinat* yang disampaikan oleh Arief Laila Nugraha dalam perkuliahan Astronomi Bola di kelas Konsentrasi Ilmu Falak semester 3.

tersebut dapat kita lihat, bahwa masing-masing formulasi mempunyai pendekatan yang berbeda-beda.

Dalam buku *Ilmu Falak; Teori dan Praktik* karya Muhyiddin Khazin h_0 Maghrib: -1° , h_0 Isya' : -18° , h_0 Subuh: -20° dan h_0 Terbit: -1° . h_0 yang digunakan oleh Muhyiddin Khazin ini merupakan h_0 rata-rata matahari yang belum *dicalculation* oleh beberapa koreksi, termasuk koreksi tinggi tempat. Slamet Hambali dan beberapa ahli falak sebagaimana mengutip dari Almanak Nautika, menggunakan $0^\circ 1'.76\sqrt{h}$ untuk mencari koreksi ku . Sedangkan Uzal Syahrana seperti dalam materinya *Perhitungan Awal Waktu Shalat*, dalam mencari ku lebih memilih menggunakan bentuk decimal dari $0^\circ 1'.76\sqrt{h}$, yakni $ku: 0.0293\sqrt{h}$. Sedangkan dalam buku *Ilmu Falak; Penetapan Awal Waktu Shalat dan Kiblat* oleh Muchtar Salimi dijelaskan bahwa dip dapat dihitung dengan rumus $dip 0,97\sqrt{h}$ *feet* atau $1,757\sqrt{h}$ *meter*.

Dari penelusuran penulis, antara formulasi satu dengan yang lain ada beberapa kemiripan, bahkan menurut penulis satu kesatuan. Sebagaimana formula yang disuguhkan oleh *Textbook on Spherical Astronomy*, Rinto Anugroho dan *Astronomy Principles and Practise* menurut penulis adalah sama dan satu kesatuan. Berikut turunan rumus ku yang penulis peroleh dari buku *Astronomy Principles and Practise*¹⁴⁰:

¹⁴⁰A.E. Roy, D. Clarke, *op cit*, hlm. 93-95



Gambar 7. Sudut Dip/kerendahan ufuk

$$a = a' - \theta$$

Jari-jari bumi adalah R , maka

$$CT = CA = R$$

dan

$$CO = R + h$$

Segitiga OTC sama dengan T ; $\angle HOC = 90^\circ$, $\angle TOC = 90^\circ - \theta$.

Maka,

$$\sin TOC = \cos \theta = \frac{R}{R+h}$$

Tapi θ adalah sudut kecil, maka kita dapat menulis

$$\cos \theta = 1 - \frac{\theta^2}{2}$$

$$\frac{R}{R+h} = 1 - \frac{\theta^2}{2}$$

$$1 - \frac{\theta^2}{2} = \frac{R}{R+h}$$

$$\frac{\theta^2}{2} = \frac{R+h}{R+h} - \frac{R}{R+h} = \frac{h}{R+h}$$

$$\theta = \sqrt{\frac{2h}{R+h}}$$

karena h sangat kecil dibanding R , maka kita dapat menulis:

$$\theta = \sqrt{\frac{2h}{R}} \text{ radian}$$

untuk mengganti satuan radian menjadi derajat, maka untuk 1 radian: 3438, yaitu 57.32×60 , menjadi:

$$\theta = 3438 \sqrt{\frac{2h}{R}}$$

kemudian dimasukkan nilai R : 6372×10^6 menjadi:

$$\theta = 1,93' \sqrt{h}$$

itu jika h berupa meter, sedangkan jika h berupa satuan *feet* (kaki), maka:

$$\theta = 1,06' \sqrt{h}$$

apabila dimasukkan nilai refraksi maka nilainya berkurang menjadi:

$$\theta = 1,78' \sqrt{h} \text{ menit}$$

untuk h berupa meter, sedangkan h berupa *feet*, maka:

$$\theta = 0,98' \sqrt{h} \text{ menit}$$

Sebagaimana yang penulis kutip dari buku *Astronomy Principles and Practise*, yaitu:¹⁴¹

When refraction is taken into account, the path of ray from the horizon at T' is curved as shown and therefore appears to come from a direction OD, so that the distance to the horizon is greater and the angle of dip is less.

¹⁴¹ *Ibid*

Dari turunan tersebut dapat dilihat bahwa hampir keseluruhan formulasi ada persamaan dengan beberapa rumus di atas. Dip/ku yang digunakan Rinto Anugraha, yaitu $1,93\sqrt{h}$ adalah dip/ku yang belum menggunakan koreksi refraksi di dalamnya, dan h dalam formulasi ini bersatuan meter. Untuk formulasi dip/ku yang telah menggunakan refraksi seperti *Textbook on Spherical Astronomy* $0,98\sqrt{h}$ adalah h bersatuan *feet*. Sedangkan formulasi yang digunakan Slamet Hambali, $1,76\sqrt{h}$ merupakan bentuk formulasi yang telah memakai koreksi refraksi di dalamnya dan h bersatuan meter. Perbedaan dua angka di belakang koma dari yang digunakan dan ini hampir sama dengan yang digunakan oleh Muchtar Salimi, yaitu $0,97\sqrt{h}$ *feet* dan $1,767\sqrt{h}$ meter menurut penulis karena pembulatan.

Berbeda-bedanya formulasi dip/ku tersebut selain karena penggunaan refraksi, juga dipengaruhi oleh penggunaan data R . Formulasi yang memakai tinggi tempat berupa *feet* sebagaimana dalam buku *Textbook on Spherical Astronomy* menggunakan R : 3960×5280 *feet*, sedangkan Rinto Anugraha menggunakan R : 6378000 meter dan buku *Astronomy Principles and Practise* menggunakan R : 6.372×10^6 . Meskipun Rinto Anugraha dan *Astronomy Principles and Practise* berbeda menggunakan R , tapi formulasinya sama karena pembulatan di belakang koma.

Sementara itu, Damsiki Hadi yang merupakan mantan Ketua Jurusan FMIPA Fisika UGM Yogyakarta, dalam bukunya *Perbaiki Waktu Shalat dan Arah Kiblatmu!* menggunakan formulasi $0,032^\circ \sqrt{h}$. Formulasi tersebut ia juga menggunakan rumus trigonometri dengan penggunaan data $R = 6,4 \times 10^6$ m.

Berbeda dengan Abdur Rachim, ia mempunyai sedikit perbedaan ketentuan dalam mencari dip/ku. Abdur Rachim mempunyai rumus sendiri yaitu dalam bukunya *Ilmu Falak*, dijelaskan bahwa ku *mar'i* dapat diketahui dengan rumus $\sqrt{3,2}$ h. Abdur Rachim mendapatkan nilai tersebut menggunakan pendekatan rumus pitagoras dari segitiga siku-siku untuk menggambarkan titik-titik antara pusat bumi, tinggi tempat dan ufuk. Sedangkan Rinto Anugraha, buku *Textbook on Spherical Astronomy*, dan *Astronomy Principles and Practise* ketiganya menggunakan pendekatan rumus trigonometri. Dalam penggunaan data R Abdur Rachim juga berbeda, yaitu dengan R: 6000 km.

Dari penelusuran penulis tersebut, penulis beranggapan bahwa rumus yang digunakan oleh Abdur Rachim merupakan rumus paling sederhana karena masih menggunakan rumus bidang segitiga siku-siku dan memakai data R: 6000 km. Sedangkan ketiga formulasi (Rinto Anugraha, buku *Textbook on Spherical Astronomy*, dan *Astronomy Principles and Practise*) telah menggunakan pendekatan deret Mc.Laurin; yaitu deret yang biasa digunakan untuk memperhitungkan garis lengkung dengan perhitungan dari beberapa perpotongan garis; yang digunakan untuk menghitung garis lengkung antara pengamat dengan ufuk.

Dari turunan tersebut, maka penulis menarik kesimpulan bahwa pada dasarnya formulasi mencari dip/ku yang digunakan *Textbook on Spherical Astronomy*, Muchtar Salimi, Slamet Hambali, Uzal Syahrana, Rinto Anugroho dan *Astronomy Principles and Practise* adalah sama, hanya berbeda penggunaan dan pembulatan saja.

Dalam hal ini menurut penulis tidak ada larangan untuk memilih salah satu formulasi dalam perhitungan penentuan waktu shalat. Sebab, selisih waktu shalat yang dihasilkan dari beberapa formulasi tersebut tidak banyak, hanya sekian detik saja. Hal ini dapat dipahami dari tabel berikut ini:

Tabel 14. Komparasi Formulasi ku¹⁴²

Waktu Shalat	Asal h_0	$1.76 \sqrt{h}$ (m)	$1.93\sqrt{h}$ (m)	$0.98 \sqrt{h}$ (ft)	$\sqrt{3} \cdot 2h$ (m)	$0.032\sqrt{h}$ (m)	$1.67 \sqrt{h}$ (ft)
Maghrib	17:58:03	17:58:41	17:58:48	17:57:47	17:58:42	17:58:48	17:58:48
Isya	19:13:38	19:14:17	19:14:25	19:13:22	19:14:18	19:14:24	19:14:24
Subuh	04:00:41	04:00:02	03:59:54	04:00:58	04:00:01	03:59:55	03:59:55
Dhuhur	11:41:42	11:41:42	11:41:42	11:41:42	11:41:42	11:41:42	11:41:42
Ashar	15:12:50	15:12:50	15:12:50	15:12:50	15:12:50	15:12:50	15:12:50

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa selisih antara formulasi jika dibandingkan dengan tinggi matahari yang tidak menggunakan koreksi ketinggian tempat (Maghrib h_0-1 , Isya' h_0-18 , Subuh h_0-20) hanya sekian detik, yaitu:

Tabel 15. Daftar Selisih Antar Formulasi – Tinggi Matahari Tanpa Koreksi

Waktu Shalat	$1.76 \sqrt{h}$ (m)	Asal h_0	$1.93\sqrt{h}$ (m)	$\sqrt{3} \cdot 2h$ (m)	$0.032\sqrt{h}$ (m)
Maghrib	17:58:41	-38 ^d	7 ^d	1 ^d	7 ^d
Isya	19:14:17	-39 ^d	8 ^d	1 ^d	7 ^d
Subuh	04:00:02	39 ^d	-8 ^d	-1 ^d	-7 ^d

Waktu Shalat	$0.98 \sqrt{h}$ (ft)	Asal h_0	$1.67 \sqrt{h}$ (ft)
Maghrib	17:57:47	16 ^d	1 ^m 1 ^d
Isya	19:13:22	16 ^d	1 ^m 2 ^d
Subuh	04:00:58	-17 ^d	-1 ^m 3 ^d

Meskipun tidak ada larangan dalam penggunaan formulasi, namun menurut penulis formulasi waktu shalat yang paling ideal adalah formulasi yang

¹⁴² Data ini menggunakan h 100 meter (30,48 feet), dan menggunakan data *ephemeris* pada tanggal 1 Januari 2011

di dalamnya terdapat koreksi kerendahan ufuk dengan penggunaan data ketinggian tempat dan rumus ku sebagai berikut: $-(ku + ref + sd)$ dengan dip/ku : $1,76 \sqrt{h}$ (meter) atau $0,98\sqrt{h}$. Karena pada formulasi tersebut telah ada koreksi refraksi, maka ku disini menggunakan ku yang di dalamnya belum ada koreksi refraksinya. Jika kita menggunakan ku: $1,93\sqrt{h}$ (meter) atau dip/ku : $1,06\sqrt{h}$ (feet) maka kita tidak perlu menambah data refraksi di dalamnya.

C. Analisis Penggunaan Waktu Ihtiyat untuk Mengatasi Pengaruh Ketinggian Tempat dalam Penyajian Jadwal Waktu Shalat yang Ideal.

Pengaruh ketinggian tempat dalam waktu shalat membuat jadwal waktu shalat antara daerah satu dengan daerah lainnya berbeda-beda. Namun, menurut penulis, dalam penentuan jadwal waktu shalat tidak perlu menghitung satu-persatu waktu shalat untuk masing-masing daerah. Menurut penulis, penggunaan ihtiyat yang digunakan para ahli falak telah dapat mengatasi perbedaan waktu akibat perbedaan tinggi tempat. Toleransi di sini berarti toleransi waktu yang diberikan sebagai jalan tengah waktu shalat suatu wilayah yang mempunyai topografi tinggi tempat yang berbeda-beda. Ihtiyat yang diberikan oleh para ahli falak, biasanya dengan diambilnya rata-rata tinggi tempat dalam suatu wilayah, penggunaan daerah yang tinggi atau rendah sebagai acuan, dan penggunaan penambahan waktu ihtiyat.

Penggunaan data ketinggian tempat rata-rata yang dipakai beberapa ahli falak menurut penulis telah dapat *memback up* pengaruh ketinggian tempat original, meskipun yang digunakan ialah data rata-rata ketinggian tempat 100-200

meter di atas permukaan air laut. Selama ini, ketinggian tempat yang ada biasanya berupa ketinggian tempat berdasarkan permukaan air laut rata-rata. Karena parameter ketinggian tempat yang dianggap standar adalah ketinggian tempat yang diukur dari permukaan air laut. Hal ini didasarkan permukaan air laut sebagai patokan karena diasumsikan bahwa permukaan air laut di semua tempat adalah sama. Berbeda jika ketinggian tempat diukur dari ufuk. Karena setiap ufuk dari masing-masing ketinggian suatu tempat atau wilayah berbeda-beda, sebab dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar, yaitu pohon, bukit, bahkan gedung bertingkat.

Meskipun demikian, ketinggian tempat dapat diukur berdasarkan daerah lain yang menjadi ufuk. Beda tinggi ini dapat diukur dari Titik Tinggi Geodesi (TTG) yang ada. Dalam suatu wilayah ada beberapa TTG yang dapat menjadi acuan tinggi tempat dengan tanda patok sebagai pegukur untuk daerah lainnya. Pengukuran beda tinggi antara TTG yang terdekat dengan daerah yang dihitung tinggi tempatnya dengan menggunakan *waterpas*.

Selain itu, beda tinggi antar daerah juga dapat diperoleh dengan menghitung selisih tinggi tempat kedua daerah tersebut. Misalnya untuk mencari ketinggian antara daerah Ngaliyan dengan Tugu, dapat diperoleh dengan menghitung selisih tinggi tempat keduanya.. Dengan demikian, dapat diketahui tinggi tempat berdasarkan daerah lain yang menjadi ufuk karena daerah Tugu merupakan daerah yang menjadi ufuk yang teramati dari Ngaliyan. Hal tersebut menunjukkan bahwa ketinggian tempat dapat diukur dari ufuk yang berupa daerah lain yang teramati.

Oleh karena itu, penggunaan data ketinggian rata-rata 100-200 meter dinilai cukup sebagai *pengcoveran* berbedanya tinggi tempat, karena rata-rata ketinggian tempat sebagian besar wilayah jika dihitung dari garis ufuk tidak melebihi 200 m. Sedangkan koreksi waktu terhadap ketinggian tempat suatu daerah hanya diperlukan untuk daerah-daerah tertentu yang mempunyai ketinggian tempat yang ekstrim terhadap ufuk. Sebagaimana pendapat Thomas Djamaluddin bahwa¹⁴³ koreksi dip yang dipengaruhi ketinggian tempat ini bisa diberlakukan secara lokal sekali di wilayah puncak bukit yang langsung berhadapan dengan ufuk yang lebih rendah dari kondisi normal.

Sebagaimana yang telah penulis paparkan tentang ihtiyat pada Bab II poin C.4, bahwa ihtiyat berdasarkan kegunaannya ada tiga, yaitu ihtiyat guna luasnya daerah, ihtiyat guna koreksi sesaat dalam hasil hisab, dan ihtiyat guna keyakinan. Pada pengaruh ketinggian tempat dalam waktu shalat ini, ihtiyat pertama, yaitu ihtiyat guna luas daerah, menurut penulis telah digunakan oleh para ahli falak dalam menentukan jadwal waktu shalat suatu daerah.

Sebagai ihtiyat guna luas daerah, sependapat dengan Slamet Hambali, sebagai toleransi, untuk waktu yang berhubungan dengan terbenamnya matahari, sebaiknya menggunakan perhitungan dari dataran yang lebih tinggi sebagai acuan dan patokan guna menanggulangi agar dataran tinggi tersebut tidak mengalami masuk waktu padahal belum masuk waktu yang semestinya.

Sebagaimana waktu Maghrib dan Isya' (berhubungan dengan terbenamnya matahari) digunakan perhitungan dengan ketinggian tempat paling tinggi, karena

¹⁴³ Hasil wawancara dengan Thomas Djamaluddin *via* jejaring sosial *facebook* pada tanggal 3 Desember 2010

daerah yang lebih tinggi akan melihat matahari terbenam lebih akhir daripada yang lebih rendah. Untuk itu, agar daerah yang lebih tinggi tidak masuk awal waktu shalat sebelum semestinya, maka pada saat waktu Maghrib dan Isya' menggunakan data perhitungan dengan ketinggian tempat paling tinggi.

Sedangkan untuk waktu Subuh sebaliknya. Daerah yang lebih tinggi akan menyaksikan fajar atau terbit matahari lebih cepat daripada yang lebih rendah. Sedangkan daerah yang lebih rendah akan menyaksikan fajar dan terbit matahari lebih akhir. Oleh karena itu, yang dijadikan patokan dalam hal ini adalah daerah yang lebih rendah. Sebab ini untuk menanggulangi agar daerah yang lebih rendah tidak masuk awal waktu shalat sebelum waktu yang semestinya.

Dalam penentuan jadwal waktu shalat suatu daerah, biasanya para ahli falak telah memperhitungkan lintang antara pantai selatan dan utara, mana yang lebih dahulu masuk pada waktunya. Seperti untuk daerah Semarang, diharapkan memperhitungkan lintang paling utara; yaitu sekitar daerah pantai Semarang; dan lintang paling selatan; yaitu daerah sekitar Mijen. Dari titik paling utara dan selatan tersebut dapat digunakan sebagai patokan dengan memperhatikan nilai deklinasi matahari pada waktu tertentu. Seperti pada bulan Januari dengan deklinasi matahari berada pada sekitar $-23^{\circ} 01' 45''$ s/d $-17^{\circ} 28' 50''$ di sebelah selatan, maka yang harus menjadi acuan adalah daerah paling selatan, karena daerah paling selatan lebih akhir masuk waktu shalatnya. Sehingga dimungkinkan agar waktu daerah selatan tidak masuk waktu shalat sebelum waktu yang semestinya. Begitu juga sebaliknya, jika deklinasi matahari berada di sebelah

utara, maka yang dijadikan acuan adalah daerah utara, juga karena daerah utara lebih akhir masuk waktu shalatnya.

Dari data perhitungan penentuan jadwal waktu shalat untuk wilayah Semarang yang dilakukan penulis dengan pengambilan data yang dari beberapa titik dari *Google Earth* menunjukkan bahwa untuk wilayah Semarang sendiri mempunyai topografi yang sangat beragam. Daerah yang paling utara adalah sepanjang pantai di Semarang, yang penulis ambil titik tempat PRPP *Jateng Fair* dengan lintang $-6^{\circ} 57' 04.74''$. Sedangkan daerah paling selatan yang penulis ambil titiknya adalah daerah Ungaran dengan lintang $-7^{\circ} 07' 39.19''$. Selisih waktu shalat diantara kedua titik tersebut tidak begitu signifikan, hanya beberapa detik saja.

Untuk perbedaan bujurnya, dalam satu wilayah markas yang digunakan perhitungan penentuan waktu shalat biasanya hanya terdapat perbedaan selisih yang terbesar mencapai $0,1^{\circ}$ bujur saja. Sebagaimana dalam skripsi Muntoha tentang *Analisis Terhadap Toleransi Pengaruh Perbedaan Lintang dan Bujur dalam Kesamaan Penentuan Awal Waktu Shalat*, bahwa dalam perbedaan bujur sebesar $0,1^{\circ}$ atau jarak tepat ke timur atau tepat ke barat sejauh 11 km berarti perbedaan waktu sebanyak 0,4 menit atau 24 detik. Sehingga menurut penulis, perbedaan bujur dalam satu wilayah dapat ditolerir dengan waktu ihtiyat yang digunakan para ahli falak. Oleh karena itu, ihtiyat luas daerah yang dipakai para ahli falak, menurut penulis telah cukup *memback up* perbedaan waktu antar daerah dalam satu wilayah.

Dari data perhitungan masing-masing tempat tersebut menunjukkan bahwa perbedaan waktu antar tempat tersebut tidak mencapai 3 menit. Sedangkan dari keterangan Bab III point D menunjukkan bahwa untuk suatu wilayah dengan nilai lintang dan bujur yang sama, pengaruh ketinggian tempat mencapai selisih 1 menit untuk perbedaan ketinggian sekitar 200 meter dan mencapai selisih 3 menit untuk ketinggian 1000 meter. Sedangkan ikhtiyat yang dipakai rata-rata ahli falak adalah 2 menit. Oleh karena itu, menurut penulis, ikhtiyat 2 menit ini telah mampu *memback up* selisih waktu antar daerah akibat pengaruh ketinggian tempat.

Dari beberapa keterangan tersebut, maka menurut penulis tidak perlu pengadaan konversi tempat berdasarkan ketinggian tempat. Konversi tempat berdasarkan pembagian wilayah kota yang terdapat pada jadwal waktu shalat pada umumnya dapat dipergunakan jika bujur kedua tempat antara tempat markas perhitungan dan tempat yang akan disesuaikan mempunyai lintang yang sama. Jika mempunyai lintang yang berbeda dapat dikonversi asalkan perhitungan jadwal waktu shalat memperhitungkan batas wilayah jadwal yang paling dulu dan paling lambat masuk waktu shalat. Sehingga tidak menjadikan suatu daerah yang seharusnya belum masuk waktu shalat, tetapi dianggap telah masuk waktunya.

Melihat topografi wilayah yang ada di Indonesia sangat beraneka macam, maka untuk mempermudah penentuan awal waktu shalat salah satunya dengan pengambilan satu titik ketinggian tempat rata-rata suatu wilayah sebagai pengganti konversi daerah untuk ketinggian tempat. Oleh karena itu, penulis membuat tabel berdasarkan ketinggian tempat sebagai berikut:

Tabel 16. Daftar Ketinggian Tempat Rata-rata untuk Suatu Wilayah Berdasarkan Berbagai Ketinggian Tempat

Ketinggian pengamat(meter)	Ketinggian rata-rata yang digunakan (meter)	Ihtiyat (menit)
0 - 50	25	2 menit pembulatan detik
0 - 75	35	2 menit pembulatan detik
0 - 100	50	2 menit pembulatan detik
0 - 150	75	2 menit pembulatan detik
0 - 200	100	2 menit pembulatan detik
0 - 250	125	2 menit pembulatan detik
0 - 300	150	2 menit pembulatan detik
0 - 400	200	2 menit pembulatan detik
0 - 500	250	2 menit pembulatan detik
0 - 600	300	2 menit pembulatan detik
0 - 700	350	2 menit pembulatan detik
0 - 800	400	2 menit pembulatan detik
0 - 900	450	2 menit pembulatan detik
0 - 1000	500	2 menit pembulatan detik