

## BAB EMPAT: PEROLEHAN DAN ANALISIS

### 4.1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini, pengkaji menghuraikan kaedah yang diperolehi untuk menentukan waktu solat dalam kapal terbang dari sudut fiqh dan astronomi. Pengambilan data cerapan pula adalah untuk waktu solat Isyak dan Subuh bagi beberapa set penerbangan dalam tempoh 9 bulan (Julai 2011 hingga Mac 2012). Penganalisaan data bagi kajian ini pula adalah untuk mengenal pasti jarak zenit matahari bagi mentaqdirkan awal waktu Isyak dan Subuh dalam kapal terbang.

### 4.2 IJTIHAD DALAM MENENTUKAN WAKTU SOLAT

Allah SWT mengurniakan manusia akal fikiran, dengan tujuan supaya mereka dapat memikirkan jalan mana yang dapat menyampaikan mereka ke destinasi yang membawa kebaikan lebih-lebih lagi dalam urusan agama. Namun demikian, konsep penggunaan akal fikiran untuk menyelesaikan isu-isu fiqh masih tetap memerlukan bimbingan daripada sumber hukum Islam yang utama iaitu al-Quran dan al-Sunnah. Allah berfirman:

إِنَّا أَنْزَلْنَا إِلَيْكَ الْكِتَابَ بِالْحَقِّ لِتَحْكُمَ بَيْنَ النَّاسِ  
بِمَا أَرْنَاكَ اللَّهُ وَلَا تَكُن لِلْخَائِبِينَ خَصِيمًا

*“Sesungguhnya Kami menurunkan kepadamu (Wahai Muhammad) Kitab (Al-Quran) dengan membawa kebenaran, supaya Engkau menghukum di antara manusia menurut apa yang Allah telah tunjukkan kepadamu (melalui wahyuNya); dan janganlah Engkau menjadi pembela bagi orang-orang yang khianat”.*

Surah Al-Nisā’ (4): 105

سُرِّيهِمْ ءَايَاتِنَا فِي الْأَفَاقِ وَفِي أَنْفُسِهِمْ حَتَّىٰ يَتَبَيَّنَ  
لَهُمْ أَنَّهُ الْحَقُّ ۗ أَوَلَمْ يَكْفِ بِرَبِّكَ أَنَّهُ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ

شَهِيدٌ ﴿٥٣﴾

“ Kami akan perlihatkan kepada mereka tanda-tanda kekuasaan Kami di merata-rata tempat (dalam alam yang terbentang luas ini) dan pada diri mereka sendiri, sehingga ternyata jelas kepada mereka bahawa al-Quran adalah benar. Belumkah ternyata kepada mereka kebenaran itu dan belumkah cukup (bagi mereka) bahawa Tuhanmu mengetahui dan menyaksikan tiap-tiap sesuatu?”

Surah Fuṣṣilat (41): 53

Selari dengan kecanggihan teknologi yang memudahkan urusan manusia, permasalahan yang melibatkan fiqh juga semakin mencabar. Di sebalik kemudahan yang dikecapi oleh masyarakat, semakin banyak persoalan yang timbul terutamanya dari sudut ibadah. Kita dapat melihat kemajuan dalam sains dan teknologi bergerak seiring dengan perkembangan kajian fiqh semasa. Antara yang menjadi isu kepada umat Islam pada masa kini ialah bagaimana mengetahui waktu solat apabila bermusafir menggunakan kapal terbang. Ini kerana mengetahui masuknya waktu solat merupakan salah satu daripada syarat sah solat.

#### 4.2.1 Petunjuk Awal Waktu Solat

Seperti yang kita sedia maklum, Allah telah menentukan setiap ibadat fardu itu tempat dan waktunya yang tersendiri.<sup>1</sup> Begitu juga halnya dengan waktu solat yang telah diterangkan dengan jelas waktu bagi menunaikannya.

---

<sup>1</sup> Ibn Qayyim al-Jawziyah, Muhammad ibn Abi Bakr (1982), *Kitāb al-Salāh wa Hukm Tārikuha*. Beirut: Dār al-Kutub al-ʿIlmiyah, h. 38.

فَإِذَا قَضَيْتُمُ الصَّلَاةَ فَادْكُرُوا اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا  
 وَعَلَىٰ جُنُوبِكُمْ ۚ فَإِذَا اطْمَأْنَنْتُمْ فَأَقِيمُوا الصَّلَاةَ  
 إِنَّ الصَّلَاةَ كَانَتْ عَلَى الْمُؤْمِنِينَ كِتَابًا مَّوْقُوتًا ﴿١٠٣﴾

*“Maka apabila kamu telah menyelesaikan solat(mu), ingatlah Allah di waktu berdiri, di waktu duduk dan di waktu berbaring. Kemudian apabila kamu telah merasa aman, Maka dirikanlah solat itu (sebagaimana biasa). Sesungguhnya solat itu adalah fardu yang ditentukan waktunya atas orang-orang yang beriman.”*

Surah al-Nisā'(4): 103

Daripada petikan ayat di atas, kita dapat mengetahui solat itu telah ditentukan waktunya. Konsep penentuan waktu solat adalah berdasar kepada peredaran matahari yang mana dihuraikan dalam al-Quran dan hadis Rasulullah. Penerangan mengenai waktu solat adalah melibatkan kedudukan matahari, panjang bayang, keadaan atau warna langit serta keadaan sekitar (suhu dingin atau panas).

#### 4.2.1.1 Kedudukan matahari

أَقِمِ الصَّلَاةَ لِدُلُوكِ الشَّمْسِ إِلَىٰ غَسَقِ اللَّيْلِ وَقُرْآنَ  
 الْفَجْرِ ۖ إِنَّ قُرْآنَ الْفَجْرِ كَانَ مَشْهُودًا ۝

*“Dirikanlah solat dari sesudah matahari tergelincir sampai gelap malam dan (dirikanlah pula solat) Subuh. Sesungguhnya solat Subuh itu disaksikan (oleh malaikat).”*

Surah al-Isrā'(17): 78

عَنْ جَابِرِ بْنِ عَبْدِ اللَّهِ وَهُوَ الْأَنْصَارِيُّ أَنَّ النَّبِيَّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ جَاءَهُ  
 جِبْرِيلُ فَقَالَ قُمْ فَصَلِّ فَصَلَّى الظُّهْرَ حِينَ زَالَتْ الشَّمْسُ

“Dari Jabir bin Abdullah bahawasanya Nabi Muhammad SAW didatangi oleh Jibrīl a.s katanya kepada Nabi: Bangun! Dirikanlah solat. Mereka dirikan solat Zuhur di waktu matahari telah condong (tergelincir).”<sup>2</sup>

عَنْ جَابِرِ بْنِ عَبْدِ اللَّهِ: ثُمَّ جَاءَهُ الْمَغْرِبَ فَقَالَ قُمْ فَصَلِّهِ فَصَلَّى حِينَ  
وَجَبَتْ الشَّمْسُ

”Kemudian Jibrīl datang lagi kepadanya pada waktu Asar katanya: Bangun! Dirikanlah solat. Mereka dirikan solat solat Maghrib ketika terbenam matahari.”<sup>3</sup>

#### 4.2.1.2 Panjang Bayang

عَنْ جَابِرِ بْنِ عَبْدِ اللَّهِ: ثُمَّ جَاءَهُ مِنَ الْعَدِ لِلظُّهْرِ فَقَالَ قُمْ فَصَلِّهِ فَصَلَّى  
الظُّهْرَ حِينَ صَارَ ظِلُّ كُلِّ شَيْءٍ مِثْلَهُ

“Kemudian Jibrīl datang keesokan hari bagi waktu Zuhur, katanya: Bangun! Dirikanlah solat. Mereka solat Zuhur ketika sesuatu bayang tinggi menjadi tinggi seperti halnya.”<sup>4</sup>

#### 4.2.1.3 Warna Langit

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ قَالَ: قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: وَإِنَّ أَوَّلَ وَقْتِ  
الْعَصْرِ حِينَ يَدْخُلُ وَقْتُهَا، وَإِنَّ آخِرَ وَقْتُهَا حِينَ تَصْفَرُ الشَّمْسُ

“Awal waktu Asar ketika masuk waktunya dan akhir waktunya ketika matahari kekuningan”.<sup>5</sup>

<sup>2</sup> Ahmad Ibn Hanbal (1993), *Musnad Imām Ahmad*, ”Bab Musnad Jābir bin Abdillāh”, no. hadis 14129, j.4, Beirut: Dār Aḥyā’ Al-Turāth Al-‘Arabī, h. 281.

<sup>3</sup> *Ibid.*

<sup>4</sup> *Ibid.*

<sup>5</sup> Abī Bakr al-Baihaqī (2003), *Sunan al-Kubrā Lil Baihaqī*, “Kitāb al-Ṣalāh”, Abd al-Qādir ‘Atā (ed.), no. hadis 1760, j.1, Beirut: Dār al-Kutub al-Ilmiyyah, h. 552.

#### 4.2.1.4 Keadaan Sekitar

عن عروة بن الزبير: أن عائشة أخبرته قالت: كنا نساء المؤمنات، يشهدن مع رسول الله صلى الله عليه وسلم صلاة الفجر، متلفعات بمروطهن، ثم ينقلبن إلى بيوتهن حين يقضين الصلاة، لا يعرفهن أحد من الغلس.<sup>6</sup>

*“Dari Urwah bin Zubair bahawa Aisyah memberitahunya, dia berkata, “Kami adalah wanita-wanita mukmin yang pernah solat bersama Nabi dengan bertutupkan selimut. Selesai solat, kami kembali ke rumah dan tidak ada seorang pun yang mengetahui kami kerana hari gelap”<sup>7</sup>*

### 4.3 KAEDAH MENENTUKAN WAKTU SOLAT DALAM PENERBANGAN

Kaedah menentukan waktu solat yang dihuraikan di dalam ayat al-Quran mahu pun hadis adalah bagi keadaan biasa yang mana pergerakan matahari dan perubahan bayangnya dapat dilihat dan diperhatikan dengan jelas. Begitu juga dengan pembahagian waktu bagi tempoh satu hari yang mana solat lima waktu dibahagikan tempohnya (dua waktu iaitu Zuhur<sup>8</sup> dan Asar<sup>9</sup> setelah matahari terbit dan tiga waktu lagi iaitu Maghrib<sup>10</sup>, Isyak<sup>11</sup>, dan Subuh<sup>12</sup> ialah apabila matahari berada di bawah ufuk).

---

<sup>6</sup> Al-Bukhāri, Muḥammad ibn Ismail (t.t), *Ṣaḥīḥ al-Bukhāri*, Kitāb Mawāqīt al-Ṣalāh “bab Waqt al-Fajr”, j. 1.

<sup>7</sup> Ibn Ḥajr Al-‘Asqolānī, Aḥmad ibn Ali (2007), *Fath al-Bari: Penjelasan Kitab Shahih al-Bukhari*. Syaikh Abdul Aziz Abdullah bin Baz (terj.). Jakarta: Pustaka Azzam, h. 422.

<sup>8</sup> Waktu Zuhur bermula apabila matahari melintasi meridian tempatan dan berakhir apabila bayang matahari sesuatu benda menjadi sama panjang (tambah bayang ketika istiwa).

<sup>9</sup> Waktu Asar bermula Apabila bayang matahari sesuatu benda menjadi sama panjang (tambah bayang ketika istiwa) iaitu sejurus tamat waktu Zuhur dan berakhir apabila matahari terbenam iaitu tenggelam semua bahagian (cakera) matahari di bawah ufuk barat tempatan.

<sup>10</sup> Waktu Maghrib bermula apabila semua bahagian (cakera) matahari di bawah ufuk tempatan iaitu sejurus tamat waktu Asar dan berakhir apabila hilang mega merah (*shafaq aḥmar*) di ufuk barat tempatan.

قُلْنَا يَا رَسُولَ اللَّهِ فَذَلِكَ الْيَوْمَ الَّذِي كَسَنَتْهُ أَتُكْفِينَا فِيهِ صَلَاةَ يَوْمٍ قَالَ لَا  
أَقْدِرُوا لَهُ قَدْرُهُ

*“Wahai Rasulullah: bagaimana sekiranya satu hari adalah bersamaan dengan satu tahun, adakah cukup solat bagi satu hari sahaja?” Rasulullah menjawab: “Tidak, tapi perkirakanlah sebagaimana kadarnya (pada hari-hari biasa)”<sup>13</sup>*

Dalam menentukan waktu solat dalam kapal terbang, persoalan yang timbul ialah adakah perlu mengikut kedudukan matahari yang sebenar atau pun boleh berpandukan kepada waktu solat negara (lokasi) kapal terbang berlepas.<sup>14</sup> Dalam hal ini, terdapat pendapat yang menyatakan bagi menentukan waktu Maghrib semasa berada dalam penerbangan, tidak boleh mengikut waktu solat negara tempat kapal terbang berlepas kerana khuatir akan berlaku percanggahan.<sup>15</sup>

Walaupun hakikatnya waktu Maghrib sudah bermula di negara tempat pesawat berlepas, berkemungkinan matahari masih belum terbenam apabila berada dalam pesawat disebabkan kedudukan pesawat yang tinggi sehingga mencapai puluhan ribu kaki di udara. Seperti yang telah diterangkan dalam bab tiga, ketinggian seseorang dari paras laut memberi kesan terhadap altitud matahari kerana perlu mengambil kira nilai junaman ufuk.

---

<sup>11</sup> Waktu Isyak bermula apabila hilang mega merah (*shafaq aḥmar*) di ufuk barat tempatan iaitu sejurus tamat waktu Maghrib dan berakhir apabila timbul cahaya putih (*fajar ṣādiq*) di ufuk timur tempatan sebelum waktu Subuh.

<sup>12</sup> Waktu Subuh bermula apabila naik cahaya putih (*fajar ṣādiq*) yang terpancar melintang di ufuk timur tempatan dan berakhir apabila matahari terbit walaupun sedikit bahagian (cakera) matahari di ufuk timur tempatan.

<sup>13</sup> Imām Muslim, *Ṣaḥīḥ Muslim*, "Kitāb al-Fatan wa Ashrāʾ al-Sā'ah", bab *Dhakara al-Dajjāl wa Ṣifāt wa Mā Ma'ahu*, no. hadis 2937.

<sup>14</sup> Jabatan Kemajuan Islam Malaysia (2007), *Garis Panduan Pelaksanaan Ibadah di International Space Station, ISS (Stesen Angkasa Antarabangsa)*, Putrajaya: Jabatan Kemajuan Islam Malaysia.

<sup>15</sup> AlQaradhawi, [http://www.qaradawi.net/site/topics/article.asp?cu\\_no=2&item\\_no=4067&version=1&template\\_id=130&parent\\_id=17](http://www.qaradawi.net/site/topics/article.asp?cu_no=2&item_no=4067&version=1&template_id=130&parent_id=17), 10 April 2011.

### 4.3.1 Ijtihad Menentukan Waktu Solat

Penentuan waktu solat Zuhur dan Asar juga boleh dilakukan dengan cara berijtihad, iaitu setelah mendapatkan maklumat kedudukan kapal terbang iaitu berdasarkan koordinat kapal terbang (negara yang dilalui).<sup>16</sup> Akan tetapi jika maklumat ini tidak diperoleh, dibolehkan berijtihad dan solat dikira sah dengan ijtihad tersebut. Melainkan jika selepas solat, kita mendapat maklumat bahawa waktunya belum masuk. Sekiranya maklumat diperoleh, musafir boleh berijtihad menentukan masuknya waktu solat berdasarkan negara yang dilalui. Namun begitu, waktu solat Maghrib perlulah dilewatkan berbanding waktu setempat kerana waktu solat di udara lebih lambat dari di darat.

Bagi musafir penerbangan adalah lebih baik sekiranya beliau melakukan jamak bagi solat Zuhur dan Asar atau solat Maghrib dan Isyak. Apabila memungkinkan, hendaklah beliau melaksanakan solat sebelum menaiki pesawat atau setelah turun, ketika masuk waktu solat sama ada jamak taqdim atau jamak ta'khir.<sup>17</sup>

Namun demikian sekiranya musafir menaiki pesawat sebelum masuk waktu solat dan beliau sangat yakin bahawa pesawat tidak akan mendarat kecuali setelah habis waktu solat yang pertama, maka dia hendaklah berniat jamak ta'khir (Zuhur dan Asar serta Maghrib dan Isyak).<sup>18</sup>

---

<sup>16</sup> Mahmudzuhdi.com, [http://www.mahmoodzuhdi.com/v2/index.php?option=com\\_content&view=article&id=64:menentukan-waktu-solat-di-atas-kapal-terbang&catid=14:fiqh-ibadat-&Itemid=17](http://www.mahmoodzuhdi.com/v2/index.php?option=com_content&view=article&id=64:menentukan-waktu-solat-di-atas-kapal-terbang&catid=14:fiqh-ibadat-&Itemid=17), 29 Mei 2011.

<sup>17</sup> Muhammad Thoriq Akhyar al-Medan ed. (2010), *Sembahyang Jamak dan QAsar, Panduan Ibadah Semasa Perjalanan*. Johor Bahru: Pustaka Azhar., h. 69.

<sup>18</sup> *Ibid.*

Apabila musafir memulakan perjalanan sebelum masuk waktu solat dan dia sangat yakin bahawa penerbangan tersebut akan menempuh dua waktu solat yang dijamak atau solat yang tidak dijamak iaitu waktu Subuh, maka wajib baginya solat di atas pesawat.<sup>19</sup>

#### 4.3.2 Alternatif Menentukan Waktu Solat dalam Pesawat

Terdapat juga beberapa kaedah alternatif yang digunakan oleh musafir penerbangan untuk menentukan waktu solat dalam kapal terbang. Di antaranya ialah:

- a) Menggunakan ukuran bayang matahari iaitu dengan menegakkan sebatang pen atau pensel di tingkap kapal terbang.<sup>20</sup> Kaedah ini digunakan untuk menentukan waktu istiwa' seterusnya waktu Zuhur dan Asar.



Foto 4.1: Mengukur bayang matahari dari dalam pesawat, gambar diambil menggunakan *Olympus Digital Camera* pada 16 Julai 2011 (penerbangan Kuala Lumpur-Brunei Darussalam).

<sup>19</sup> *Ibid.*, h. 70.

<sup>20</sup> Hafiz Firdaus Abdullah (2005), *Panduan Ibadah dalam Musafir Penerbangan*. Johor Bharu: Perniagaan Jahabersa, h. 77.



- b) Bagi waktu Maghrib dan Isyak pula, musafir selalunya memerhatikan keadaan langit di ufuk barat.<sup>21</sup> Waktu Subuh pula dianggar dengan memerhatikan keadaan langit di ufuk timur.
- c) Anggarkan waktu iaitu Asar pula ialah  $\frac{1}{2}$  daripada tempoh masa dari Zuhur ke waktu Maghrib. Waktu Maghrib apabila matahari terbenam di bawah ufuk. Waktu Isyak apabila langit betul-betul gelap dan waktu Subuh pula apabila telah muncul cahaya di ufuk.<sup>22</sup>

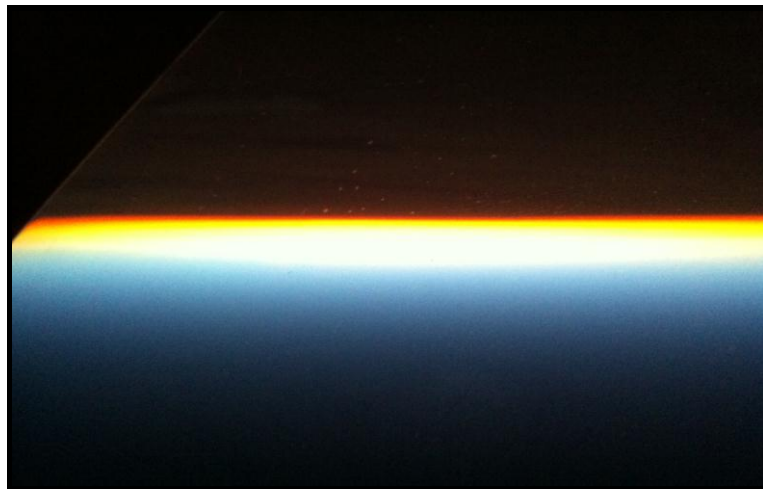


Foto 4.2: Fenomena terbit fajar dari dalam Kapal terbang, gambar diambil menggunakan *iPhone 4* pada 11 Ogos 2011 (penerbangan Sydney-Kuala Lumpur)

#### 4.4 PEROLEHAN DATA

Untuk melakukan cerapan, pengkaji memberi penumpuan terhadap waktu solat yang melibatkan fenomena fajar. Waktu-waktu solat yang terlibat ialah Subuh (bermula fajar pagi atau fajar *ṣādiq*) dan Isyak (berakhir fajar senja atau mega merah). Pengkaji memilih sampel data penerbangan yang menyukarkan untuk solat sebelum berlepas kerana belum masuk waktu dan tidak boleh solat setelah sampai kerana

---

<sup>21</sup>*Ibid.*

<sup>22</sup>*Ibid.*

habis waktu. Penerbangan yang dipilih juga melibatkan perentasan zon waktu yang mana sukar bagi penumpang untuk memastikan mulanya waktu solat berbanding penerbangan yang tidak melibatkan perentasan zon waktu.

#### **4.4.1 Kaedah Penentuan Waktu Solat Berdasarkan Carta Penerbangan MAS.**

Dalam kajian ini, penentuan awal waktu Subuh dan Isyak dilakukan dengan mengambil data kecerahan langit. Bagi waktu Subuh, awal waktunya adalah apabila terbit fajar *ṣādiq* dan awal waktu Isyak apabila hilang syafaq *aḥmar* atau mega merah. Oleh itu, data kecerahan langit (dalam unit *Magnitude Per Square Arc Second, MPSAS*) yang diambil adalah untuk mengetahui bilakah waktu terbitnya fajar *ṣādiq* dan waktu berakhirnya syafaq *aḥmar*.

##### Instrumen yang digunakan:

Untuk proses pengumpulan data, pengkaji menggunakan instrumen khas iaitu SQM-LU (Sky Quality Meter-Lens USB).



Foto 4.3 dan 4.4: SQM-LU (Sky Quality Meter-Lens USB).

- Spesifikasi:

Saiz Fizikal	3.6 x 2.6 x 1.1"
Ketepatan bacaan	$\pm 10\%$ ( $\pm 0.10$ mag/arcsec $\}$ .
Power yang diperlukan	18mA (daripada 5V sambungan USB )
Suhu operasi	-40 $^{\circ}\text{C}$ to 85 $^{\circ}\text{C}$
Ketepatan suhu	$\pm 2$ $^{\circ}\text{C}$ maksimum pada 25 $^{\circ}\text{C}$
Unit Bacaan	Magnitude per Square ArcSecond (Semakin besar nilai bacaan, langit semakin gelap)

- Blok instrumentasi:

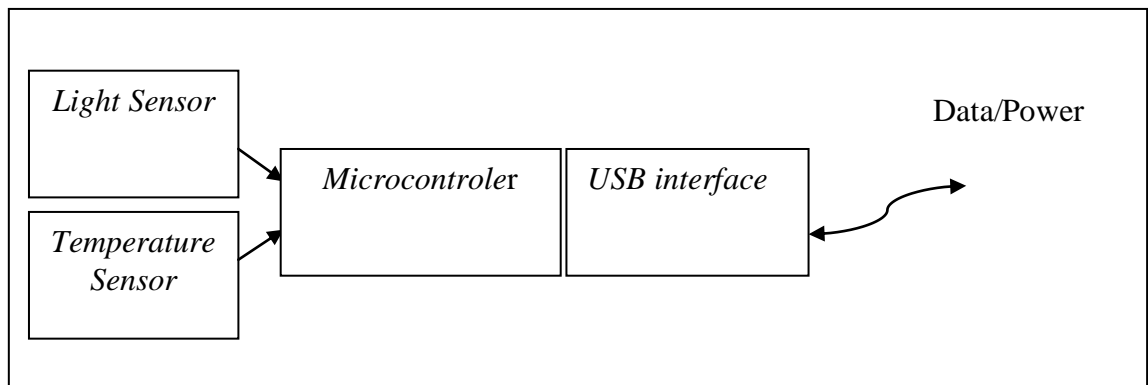


Foto 4.5: SQM-LU yang dilengkapi dengan *holder box*.



Foto 4.6: SQM-LU dilekapkan ke cermin tingkap kokpit kapal terbang.



Foto 4.7 dan 4.8: Operasi pengambilan data oleh SQM-LU.

### Teori

Jika graf kecerahan langit diplot (MPSAS melawan Masa), awal waktu Subuh ialah apabila graf mula mendatar sebelum turun. Sebaliknya, awal waktu Isyak ialah apabila graf mula mendatar selepas menaik.

MPSAS : graf menaik, langit semakin gelap, altitud matahari semakin ke bawah dan menjauhi ufuk.

: graf menurun, langit semakin cerah, altitud matahari semakin mendekati ufuk.

Jadual 4.1: Hubungan nilai MPSAS dan kecerahan langit.

<b>WAKTU SOLAT</b>	<b>ISYAK</b>	<b>SUBUH</b>
<b>Bacaan MPSAS</b>	Menaik	Menurun
<b>Keadaan Langit</b>	Semakin gelap	Semakin cerah
<b>Altitud Matahari</b>	Semakin ke bawah menjauhi ufuk	Semakin mendekati ufuk

Definisi *Magnitude per Square Arc Second* atau MPSAS

*Magnitude* adalah ukuran bagi mengetahui nilai kecerahan sesuatu objek. Contohnya, bintang yang bermagnitud 8 lebih cerah dari bintang yang bermagnitud 10. *Arc Second* ialah sudut yang dibahagikan dalam saat. Terdapat  $360^\circ$  dalam bulatan, dan setiap darjah ( $^\circ$ ) dibahagikan kepada 60 minit ( $'$ ), dan setiap minit dibahagikan kepada 60 saat ( $"$ ). *Magnitude per Square Arc Second* atau MPSAS bermaksud kecerahan yang diukur dalam unit magnitud tersebar pada setiap sudut di langit. Jika SQM-LU memberikan bacaan 18.00, maka ia bermaksud bahawa bintang yang mempunyai magnitud kecerahan 18 telah tersebar pada setiap sudut arka saat di langit.

## 4.5 ANALISIS DATA

Bagi melengkapkan kajian ini, pengkaji mengumpul beberapa set data yang diambil dari Julai 2010 hingga Mac 2012 dengan menggunakan instrumen khas iaitu SQM-LU. Keseluruhan proses pengambilan data dikendalikan oleh juruterbang MAS iaitu Kapten Za'im Khalid.

Data yang dikumpul adalah terhad kepada penerbangan yang terlibat dengan waktu Isyak dan Subuh sahaja. Oleh itu, proses penganalisaan data hanya tertumpu kepada beberapa penerbangan iaitu:

a) Waktu Isyak

- 1) London ke Kuala Lumpur (2 set)
- 2) Sydney ke Kuala Lumpur (1 set)

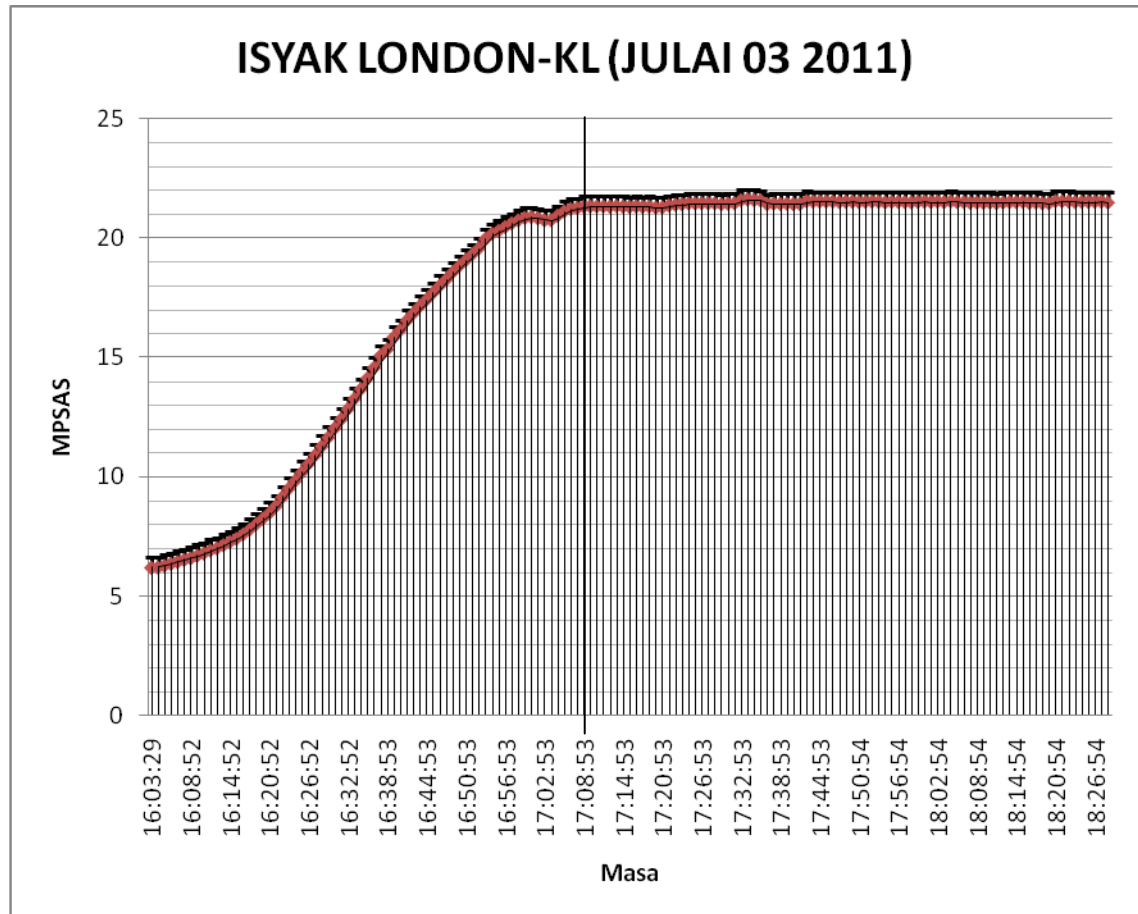
b) Waktu Subuh

- 1) Kuala Lumpur ke Amsterdam (1 set)
- 2) Kuala Lumpur ke London (2 set)
- 3) Kuala Lumpur ke Sydney (5 set)
- 4) London ke Kuala Lumpur (2 set)

## 4.5.1 Graf Waktu Solat: Masa (UTC) melawan MPSAS

### 4.5.1.1 Waktu Isyak

#### 1) London ke Kuala Lumpur (03 Julai 2011)

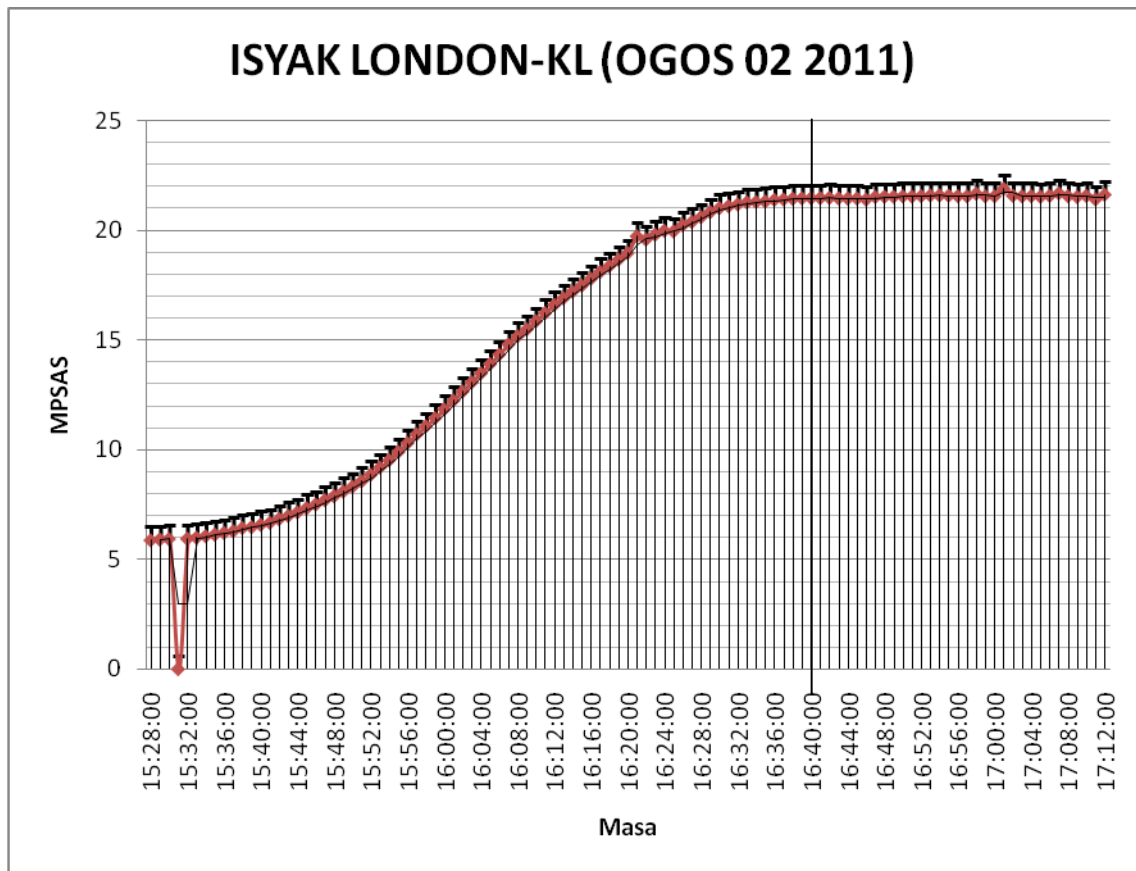


Graf 4.1: Perubahan kecerahan langit bagi penerbangan London-KL (03 Julai 2011).

#### Arah penerbangan: Barat ke Timur

Penerbangan ini menempuh waktu Isyak. Oleh itu graf kecerahan langit (nilai MPSAS) dicatatkan menaik disebabkan altitud matahari yang semakin menjauhi ufuk. Berdasarkan graf yang telah diplot, waktu Isyak dalam pesawat bermula pada jam **17.10 UTC** dengan nilai MPSAS 21.31.

## 2) London ke Kuala Lumpur (02 Ogos 2011)



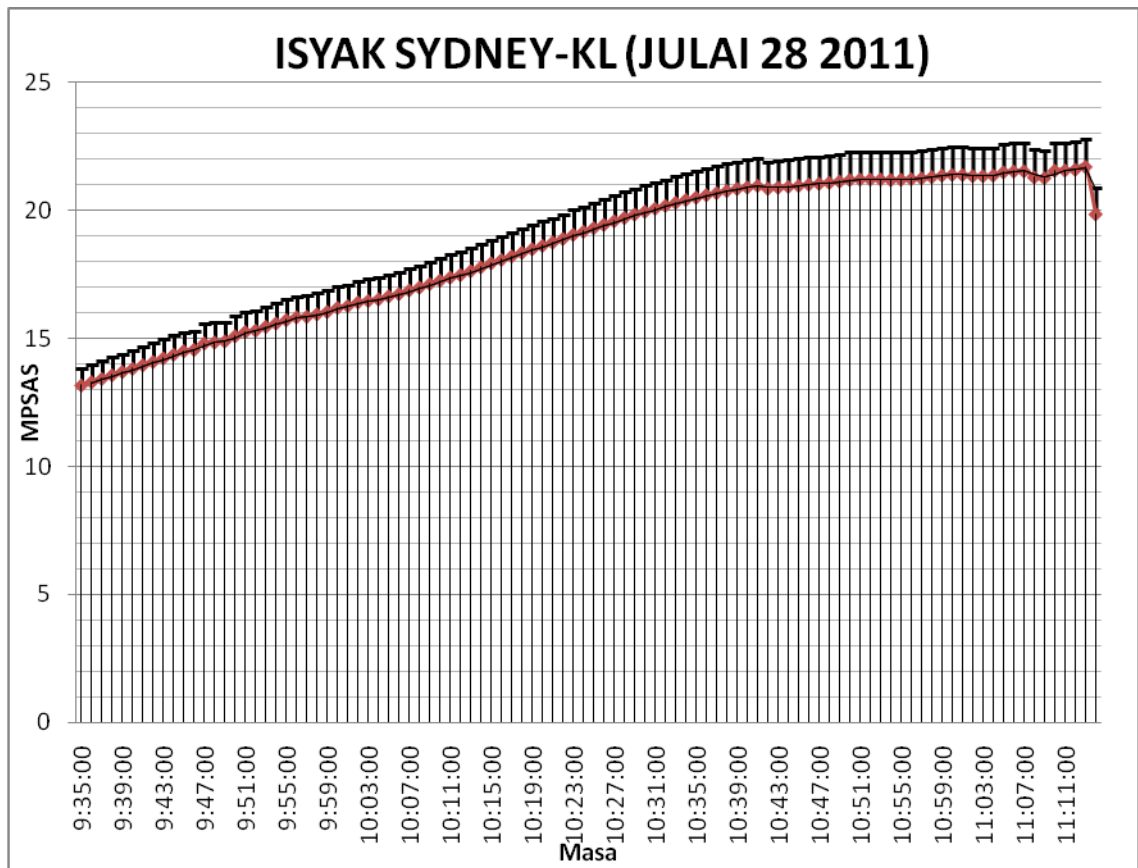
Graf 4.2: Perubahan kecerahan langit bagi penerbangan London-KL (02 Ogos 2011).

### Arah penerbangan: Barat ke Timur

Penerbangan ini menempuh waktu Isyak. Oleh itu graf kecerahan langit (nilai MPSAS) dicatatkan menaik disebabkan altitud matahari yang semakin menjauhi ufuk. Berdasarkan graf yang telah diplot, waktu Isyak dalam pesawat bermula pada jam **16:40 UTC** dengan nilai 21.47 MPSAS.



### 3) Sydney ke Kuala Lumpur (28 Julai 2011)



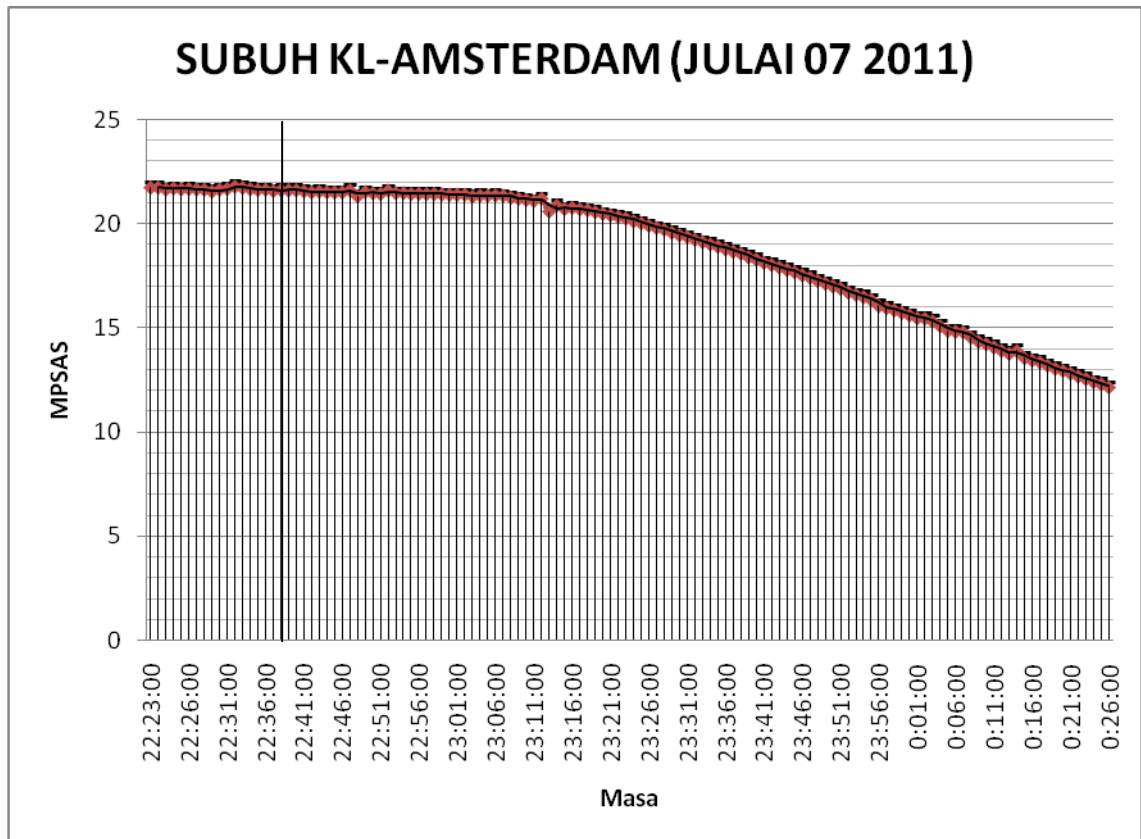
Graf 4.3: Perubahan kecerahan langit bagi penerbangan Sydney-KL (28 Julai 2011).

#### Arah penerbangan: Timur ke Barat

Penerbangan ini menempuh waktu Isyak. Namun demikian, operasi pengambilan SQM-LU terhenti secara tiba-tiba apabila suhu yang dicatatkan pada sensor naik secara mendadak iaitu dari 28.3 darjah Celsius kepada 519.1 darjah Celsius. Perkara ini kemungkinan disebabkan oleh *electronic instrument failure*. Oleh itu, awal waktu Isyak tidak dapat direkod kerana bacaan SQM-LU terhenti sebelum masuk waktu Isyak.

#### 4.5.1.2 Waktu Subuh

##### 1) Kuala Lumpur ke Amsterdam (07 Julai 2011)

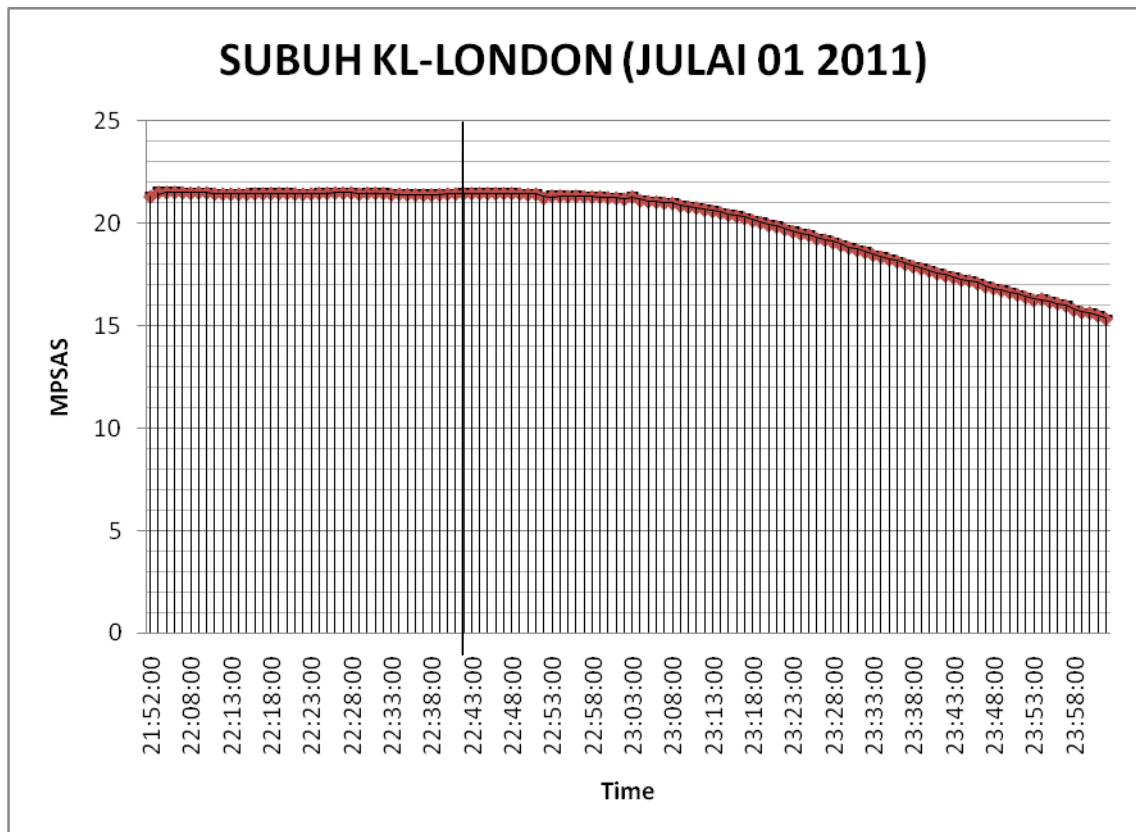


Graf 4.4: Perubahan kecerahan langit bagi penerbangan KL-Amsterdam (07 Julai 2011).

##### Arah penerbangan: Timur ke Barat

Penerbangan ini menempuh waktu Subuh. Waktu Subuh dalam pesawat bermula sebaik sahaja graf mula mendatar sebelum menurun. Bacaan graf mula mendatar pada jam **22:39 UTC** dengan nilai MPSAS, 21.60.

## 2) Kuala Lumpur ke London (01 Julai 2011)

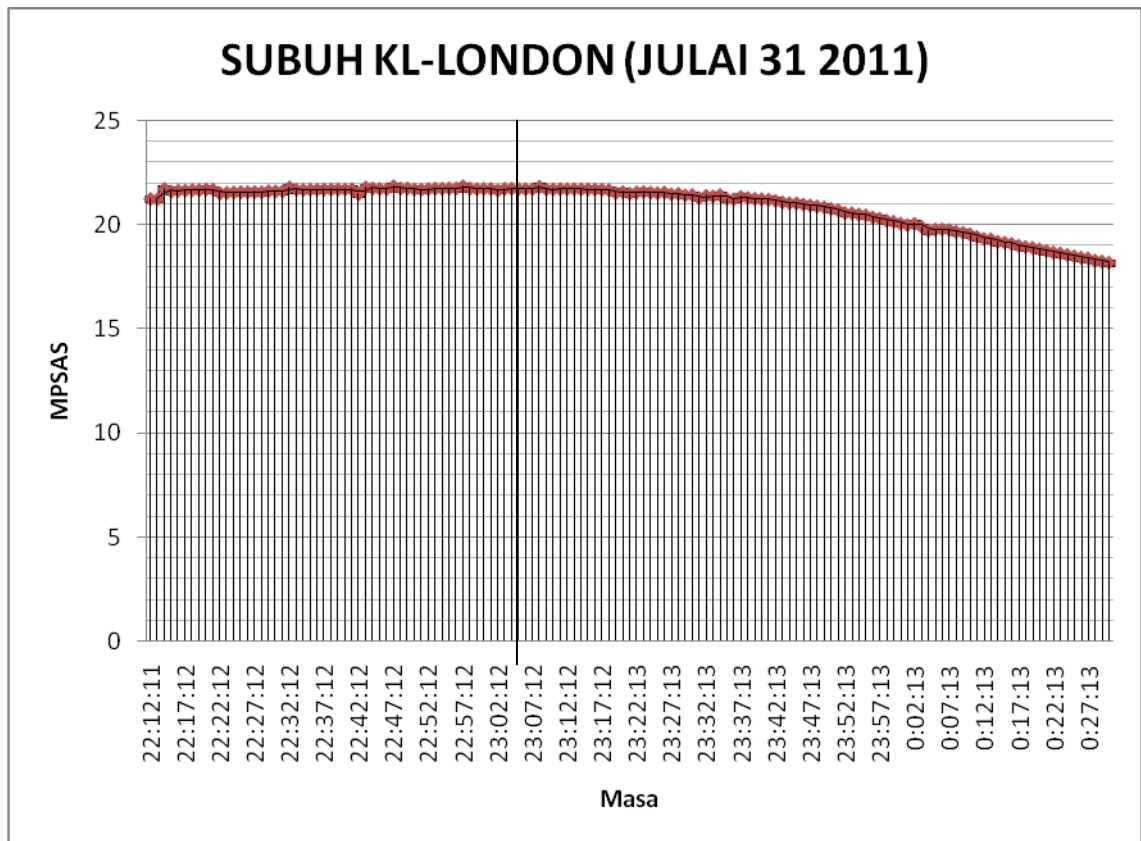


Graf 4.5: Perubahan kecerahan langit bagi penerbangan KL-London (01 Julai 2011).

### Arah penerbangan: Timur ke Barat

Penerbangan ini menempuh waktu Subuh. Waktu Subuh dalam pesawat bermula sebaik sahaja graf mula mendatar sebelum menurun. Bacaan graf mula mendatar pada jam **22.43 UTC** dengan nilai 21.47 MPSAS. Kemudian, graf kecerahan langit (MPSAS) dicatatkan menurun disebabkan altitud matahari yang semakin mendekati ufuk dan seterusnya terbit di ufuk Timur.

### 3) Kuala Lumpur ke London (31 Julai 2011)

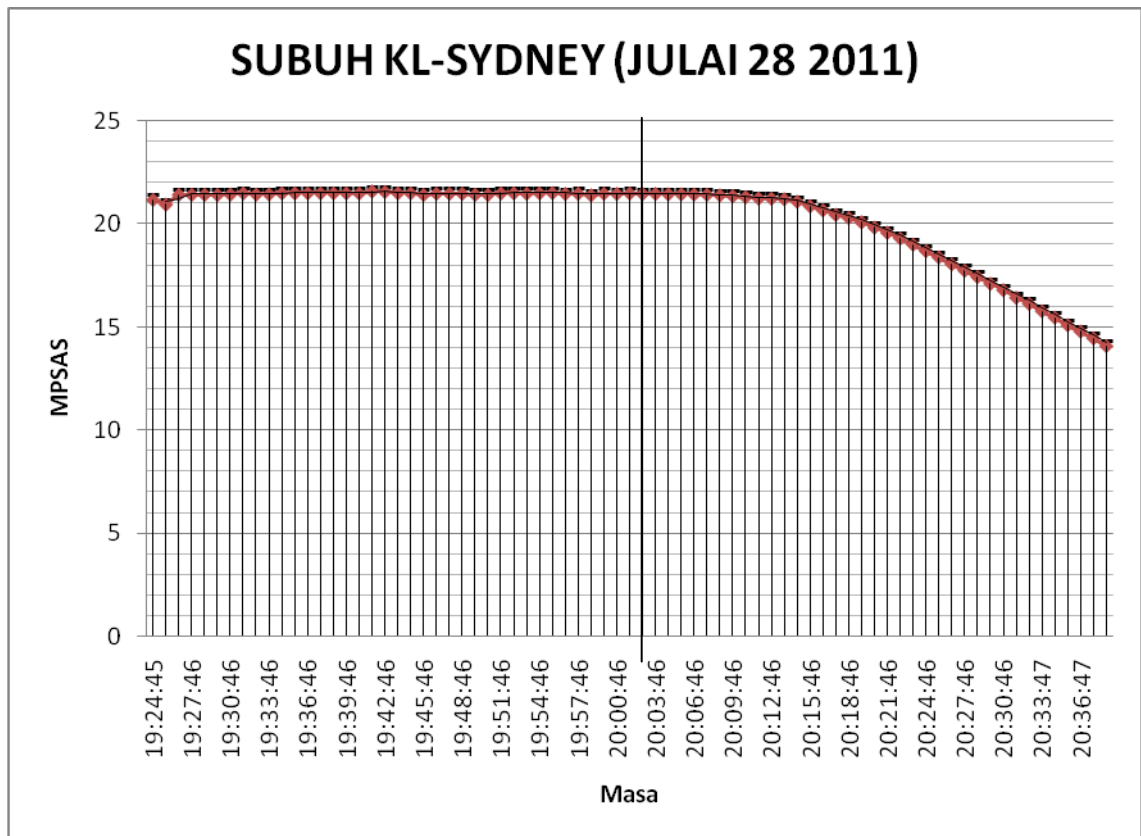


Graf 4.6: Perubahan kecerahan langit bagi penerbangan KL-London (31 Julai 2011).

#### Arah penerbangan: Timur ke Barat

Penerbangan ini menempuh waktu Subuh. Waktu Subuh dalam pesawat bermula sebaik sahaja graf mula mendatar sebelum menurun. Berdasarkan graf yang telah diplot, waktu Subuh dalam pesawat bermula pada jam **23:05 UTC** dengan nilai MPSAS, 21.74.

#### 4) Kuala Lumpur ke Sydney (28 Julai 2011)

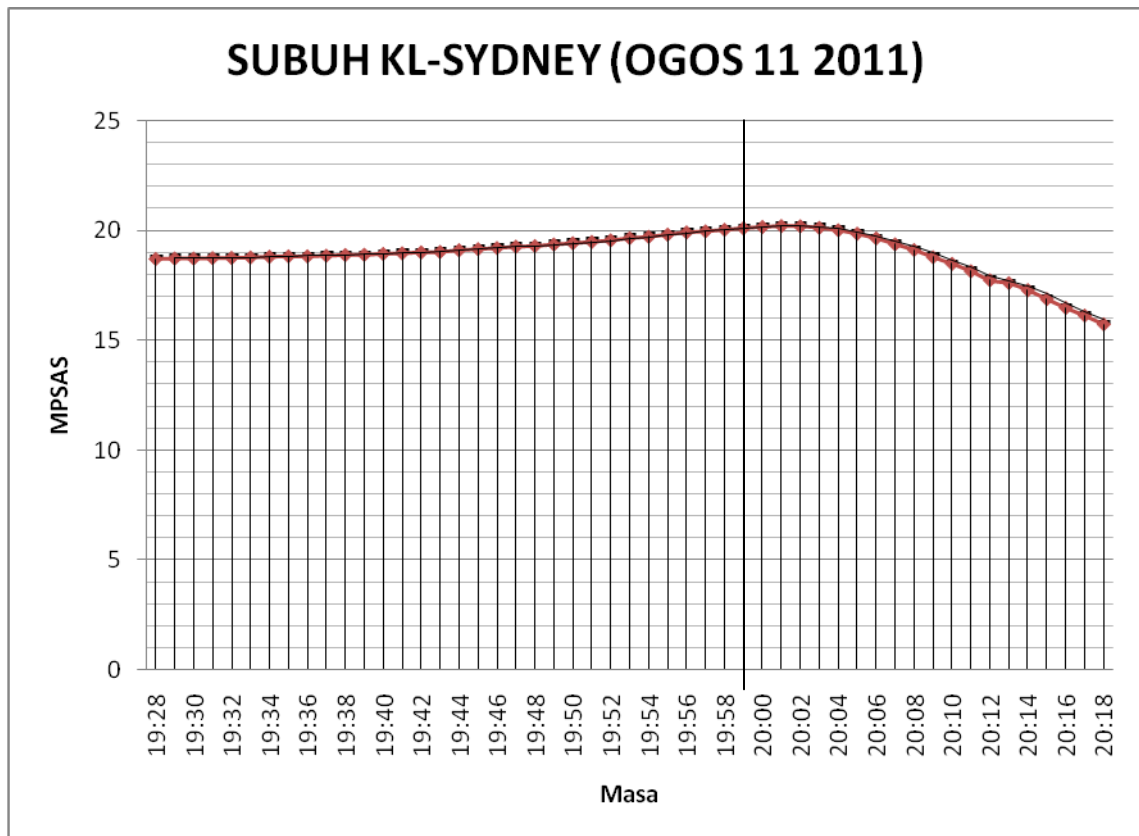


Graf 4.7: Perubahan kecerahan langit bagi penerbangan KL-Sydney (28 Julai 2011).

Arah penerbangan: Barat ke Timur

Penerbangan ini menempuh waktu Subuh. Waktu Subuh dalam pesawat bermula sebaik sahaja graf mula mendatar sebelum menurun. Bacaan graf mula mendatar pada jam **20:02 UTC** dengan nilai MPSAS, 21.47.

## 5) Kuala Lumpur ke Sydney (11 Ogos 2011)

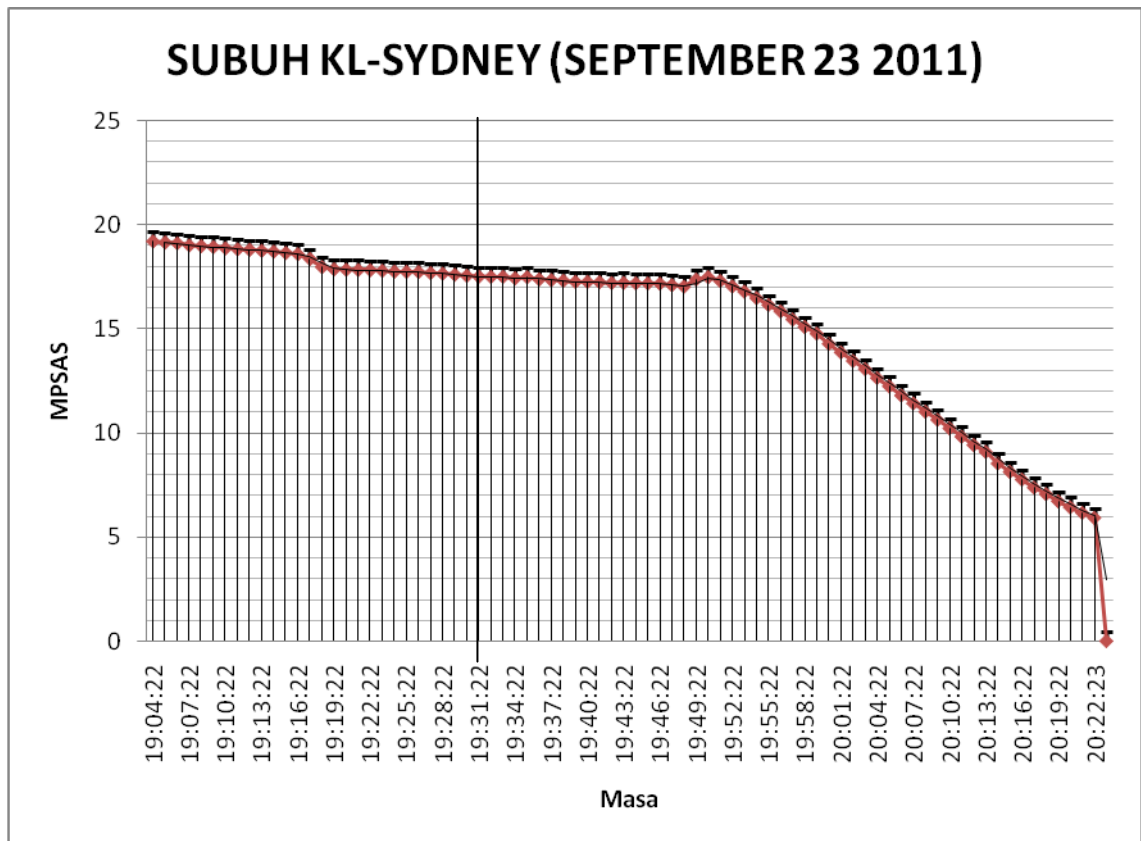


Graf 4.8: Perubahan kecerahan langit bagi penerbangan KL-Sydney (11 Ogos 2011).

### Arah penerbangan: Barat ke Timur

Penerbangan ini menempuh waktu Subuh. Waktu Subuh dalam pesawat bermula sebaik sahaja graf mula mendatar sebelum menurun. Bacaan graf mula mendatar pada jam **19:59 UTC** dengan nilai MPSAS, 20.12.

## 6) Kuala Lumpur ke Sydney (23 September 2011)

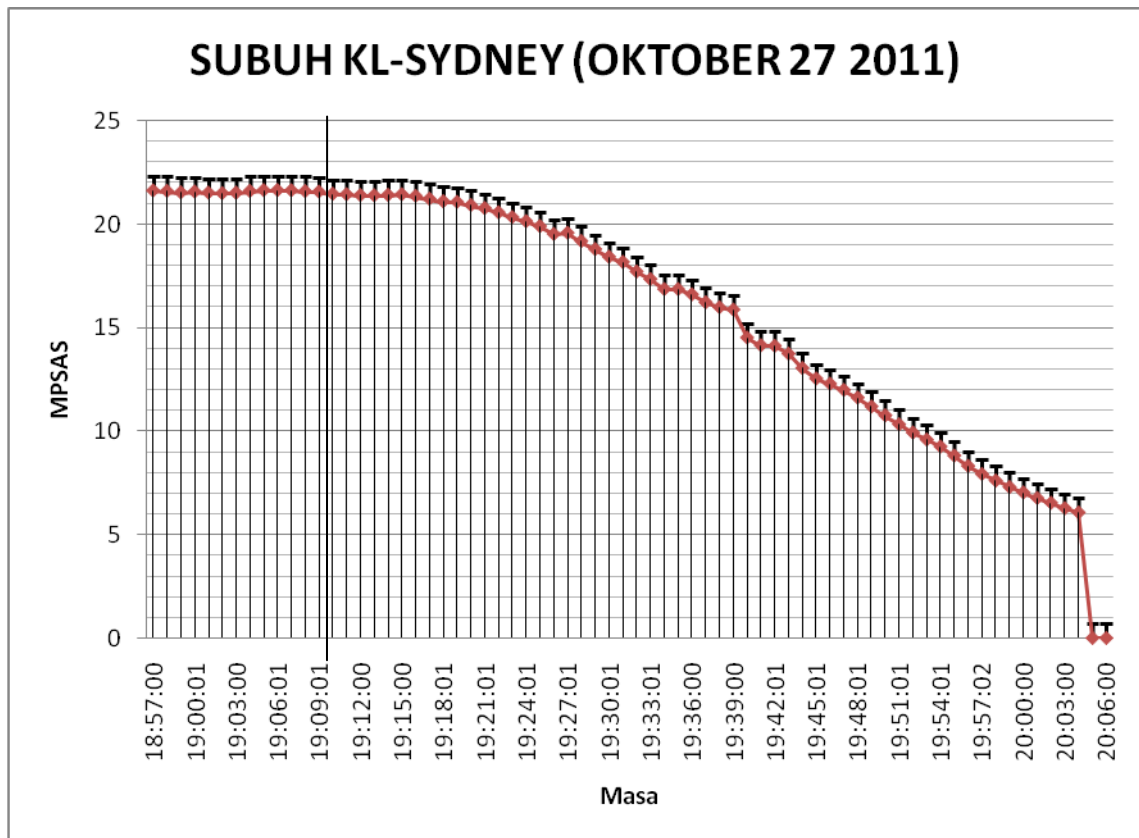


Graf 4.9: Perubahan kecerahan langit bagi penerbangan KL-Sydney (23 September 2011).

### Arah penerbangan: Barat ke Timur

Penerbangan ini menempuh waktu Subuh. Waktu Subuh dalam pesawat bermula sebaik sahaja graf mula mendatar sebelum menurun. Bacaan graf mula mendatar pada jam **19:32 UTC** dengan nilai MPSAS, 17.50.

## 7) Kuala Lumpur ke Sydney (27 Oktober 2011)



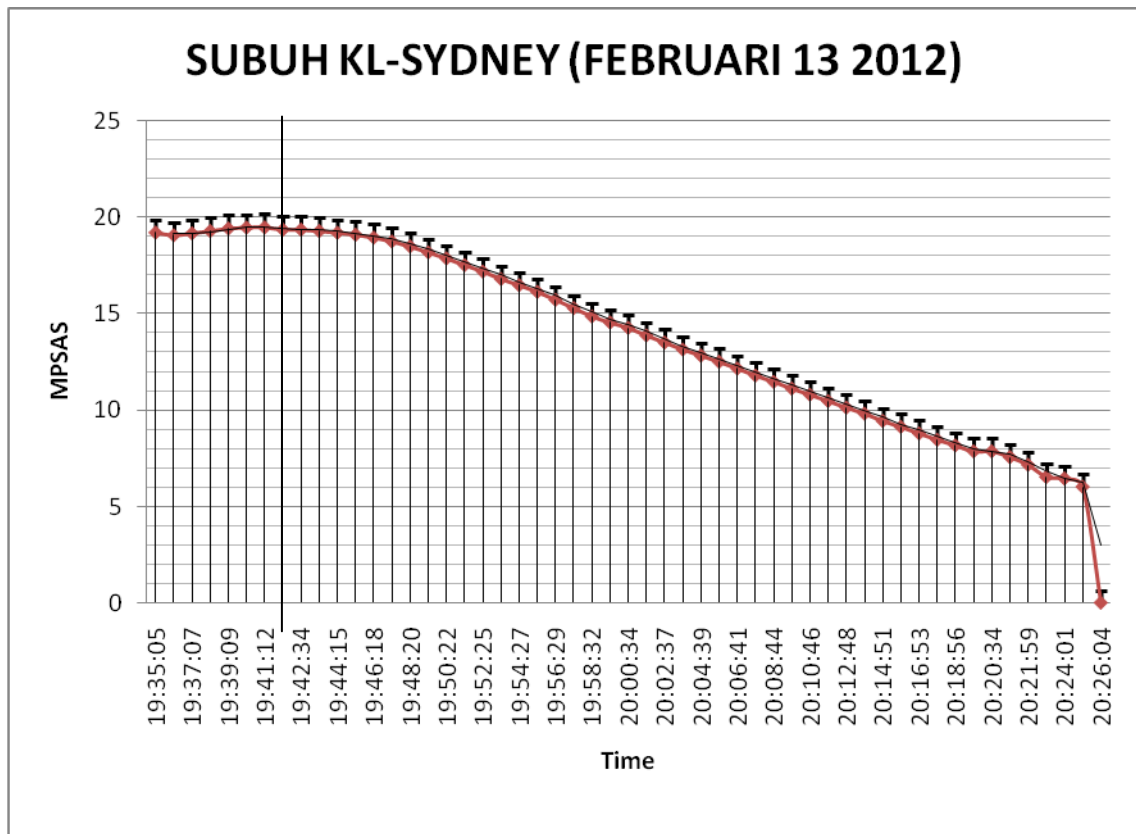
Graf 4.10: Perubahan kecerahan langit bagi penerbangan KL-Sydney (27 Oktober 2011).

### Arah penerbangan: Barat ke Timur

Penerbangan ini menempuh waktu Subuh. Waktu Subuh dalam pesawat bermula sebaik sahaja graf mula mendatar sebelum menurun. Bacaan graf mula mendatar pada jam **19:10 UTC** dengan nilai MPSAS, 21.45.



## 8) Kuala Lumpur ke Sydney (13 Februari 2012)

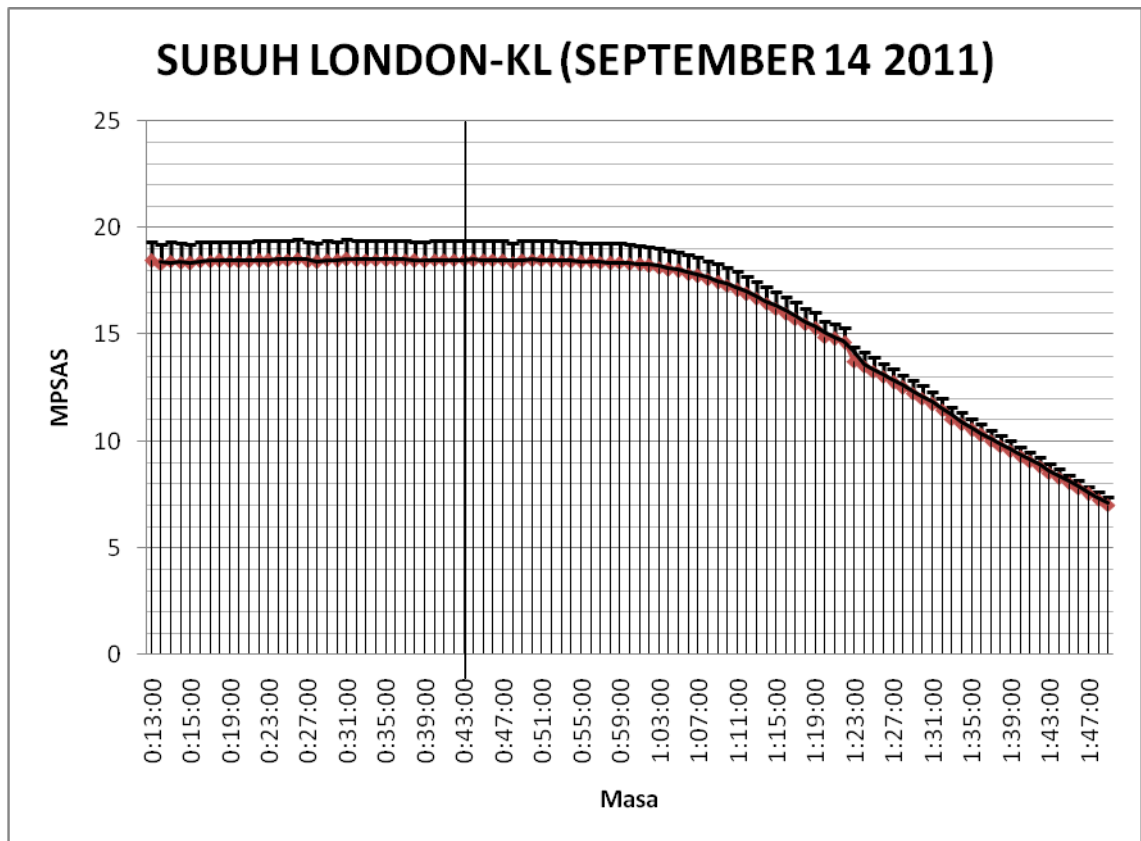


Graf 4.11: Perubahan kecerahan langit bagi penerbangan KL-Sydney (13 Februari 2012).

Arah penerbangan: Barat ke Timur

Penerbangan ini menempuh waktu Subuh. Waktu Subuh dalam pesawat bermula sebaik sahaja graf mula mendatar sebelum menurun. Bacaan graf mula mendatar pada jam **19:42 UTC** dengan nilai MPSAS, 19.37.

## 9) London ke Kuala Lumpur (14 September 2011)

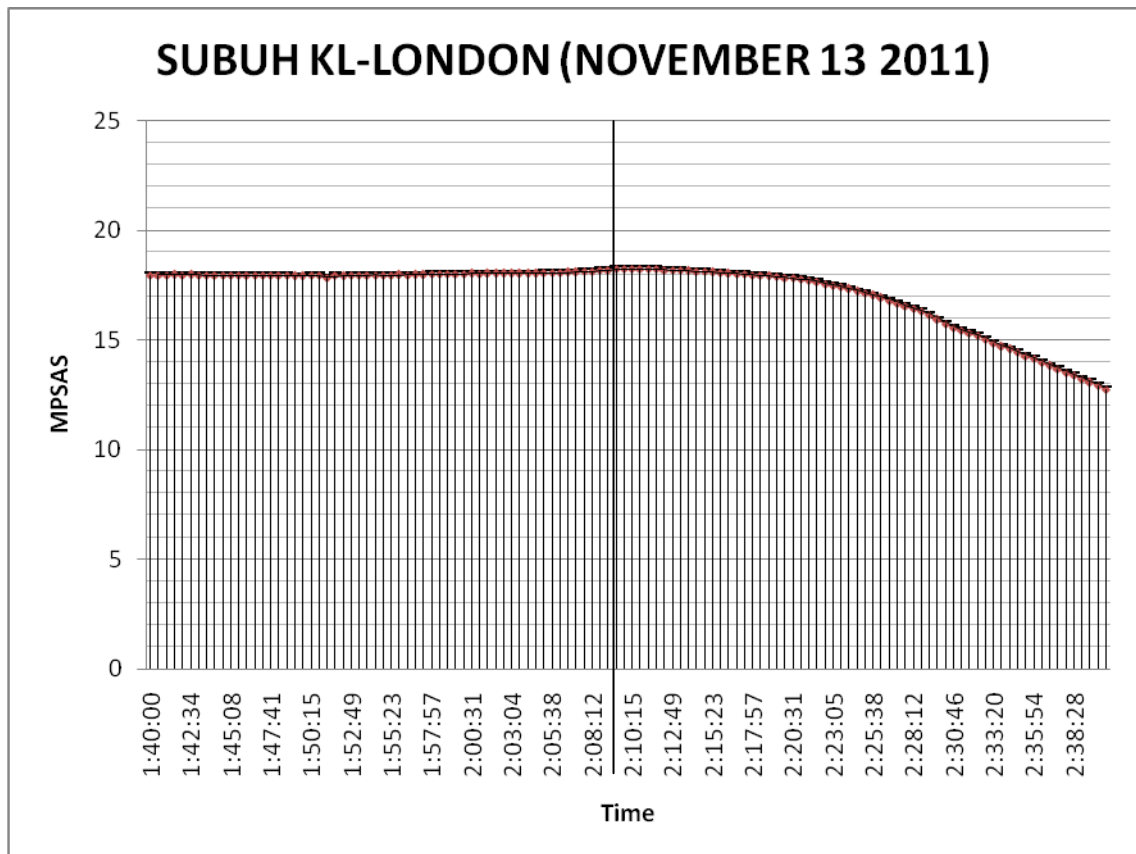


Graf 4.12: Perubahan kecerahan langit bagi penerbangan London-KL (14 September 2011).

### Arah penerbangan: Barat ke Timur

Penerbangan ini menempuh waktu Subuh. Waktu Subuh dalam pesawat bermula sebaik sahaja graf mula mendatar sebelum menurun. Berdasarkan graf yang telah diplot, bacaan MPSAS mula mendatar pada jam **00:43 UTC** dengan nilai 18.47.

10) London ke Kuala Lumpur (13 November 2011)



Graf 4.13: Perubahan kecerahan langit bagi penerbangan London-KL (13 November 2011)

Arah penerbangan: Barat ke Timur

Penerbangan ini menempuh waktu Subuh. Waktu Subuh dalam pesawat bermula sebaik sahaja graf mula mendatar sebelum menurun. Bacaan graf mula mendatar pada jam **02:09 UTC** dengan nilai MPSAS, 18.22.

## 4.5.2 Jadual

### 4.5.2.1 Nilai *Magnitude Per Square Arc Second* (MPSAS) Isyak dan Subuh

Setelah graf diplot, pengkaji mengambil nilai MPSAS yang mula mendarat untuk menentukan bermulanya waktu Isyak dan Subuh.

Jadual 4.2: Awal waktu Isyak dan Subuh serta nilai MPSAS bagi setiap penerbangan.

Waktu Solat	Penerbangan	Tarikh	UTC	Negara	MPSAS
Isyak	London-KL	03/07/2011	17:10	Turkmenistan	21.31
		02/08/2011	16:40	Turkmenistan	21.47
Subuh	KL-Amsterdam	07/07/2011	22:39	Turkmenistan	21.60
	KL-London	01/07/2011	22:43	Turkmenistan	21.47
		31/07/2011	23:05	Turkmenistan	21.74
	KL-Sydney	28/07/2011	20:02	Australia	21.47
		11/08/2011	19:59	Australia	20.12
		23/09/2011	19:32	Australia	17.50
		27/10/2011	19:10	Australia	21.45
		13/02/2012	19:42	Australia	19.37
	London-KL	14/09/2011	00:43	Russia	18.47
		13/11/2011	02:09	Russia	18.22

#### 4.5.2.2 Koordinat Waktu Isyak dan Subuh berdasarkan Graf

Setelah graf diplot dan awal waktu solat Isyak serta Subuh dikenal pasti, pengkaji kemudiannya merujuk *flight plan* bagi setiap penerbangan untuk merujuk latitud dan longitud yang dilalui oleh kapal terbang ketika bermulanya waktu solat.

Jadual 4.3: Latitud dan longitud bagi awal waktu solat Isyak dan Subuh.

Waktu Solat	Penerbangan	Tarikh	UTC	Latitud	Longitud	Negara
Isyak	London-KL	03/07/11	17:10	37.50 °U	60.00 °T	Turkmenistan
		02/08/11	16:40	36.65 °U	61.85 °T	Turkmenistan
Subuh	KL-Amsterdam	07/07/11	22:39	35.38 °U	63.069 °T	Turkmenistan
	KL-London	01/07/11	22:43	38.60 °U	58.00 °T	Turkmenistan
		31/07/11	23:05	40.55 °U	55.00 °T	Turkmenistan
	KL-Sydney	28/07/11	20:02	29.10 °S	137.5 °T	Australia
		11/08/11	19:59	29.60 °S	137.8 °T	Australia
		23/09/11	19:32	28.50 °S	132.5 °T	Australia
		27/10/11	19:10	27.40 °S	126.9 °T	Australia
		13/02/12	19:42	23.00 °S	130.80 °T	Australia
	London-KL	14/09/11	0:43	46.60 °U	42.30 °T	Russia
		13/11/11	2:09	45.43 °U	46.118 °T	Russia

#### 4.5.2.3 Perbezaan Waktu Solat Berdasarkan Kajian dan MAS (*In-Flight Solat Time*)<sup>23</sup>

Pengkaji juga membuat perbandingan antara waktu solat yang diketahui melalui kajian dan waktu solat yang dikira menggunakan perisian *In-Flight Solat Time*. Perisian ini digunakan oleh juruterbang-juruterbang MAS untuk mengetahui waktu solat semasa penerbangan.

Jadual 4.4: Perbandingan awal waktu solat Isyak dan Subuh antara kajian dan perisian *In-Flight Solat Time*.

Waktu Solat	Penerbangan	Tarikh	Kajian (UTC)	MAS (UTC)	Perbezaan
Isyak	London-KL	03/07/2011	17:10	17:24	14 minit
		02/08/2011	16:40	16:52	12 minit
Subuh	KL-Amsterdam	07/07/2011	22:39	22:30	09 minit
	KL-London	01/07/2011	22:43	22:23	20 minit
		31/07/2011	23:05	22:49	16 minit
	KL-Sydney	28/07/2011	20:02	19:59	03 minit
		11/08/2011	19:59	19:50	09 minit
		23/09/2011	19:32	19:27	05 minit
		27/10/2011	19:10	19:07	03 minit
		13/02/2012	19:42	19:42	00 minit
	London-KL	14/09/2011	00:43	00:37	06 minit
		13/11/2011	02:09	02:02	07 minit

<sup>23</sup> Perisian *In-Flight Solat Time* oleh Kapten Shairi Kamarudin (juruterbang MAS)

Minimum : 00 minit

Maksimum : 20 minit

### 4.5.3 Pengiraan Waktu Solat Berdasarkan Koordinat

Berdasarkan kajian, terdapat empat negara yang terlibat dalam pengiraan waktu Isyak dan Subuh kerana waktu solat bermula ketika pesawat melalui negara-negara tersebut iaitu:

- 1) Australia
- 2) Indonesia
- 3) Russia
- 4) Turkmenistan

Oleh yang demikian, pengiraan waktu Isyak dan Subuh bagi negara-negara tersebut adalah berdasarkan sudut matahari bawah ufuk yang telah ditetapkan iaitu:

Jadual 4.5: Altitud waktu Isyak dan Subuh bagi beberapa buah Negara.

<b>Negara</b>	<b>Isyak</b>	<b>Subuh</b>
Australia	-18 °	-18 °
Russia	-17 °	-18 °
Turkmenistan	-17 °	-18 °

Sumber: Monzur Ahmed (1996), *The Determination of Salat Times*

### 4.5.3.1 Pengiraan Waktu Isyak

#### 1) London ke Kuala Lumpur (03 Julai 2011)

Lokasi	Latitud	Longitud
Turkmenistan	37.50 °U	60.00 °T
Tarikh	GHA	Deklinasi
03/07/2011	6j 55m 54s	23 °0.1'
04/07/2011	6j 55m 42.8s	22 °55.3'

#### Istiwa

$$= \left[ \{24j - (60.00^\circ \div 15) - 6j 55m 54s\} / \{(24j + 6j 55m 42.8s) - 6j 55m 54s\} \right] \times 24$$

$$= 13.07002759j$$

$$\delta_I = 23^\circ 0.1' + [20/24 (22^\circ 55.3' - 23^\circ 0.1')]$$

$$= 22.935^\circ$$

$$Z_I = 90^\circ + 17^\circ$$

$$= 107^\circ$$

$$T_I = \cos^{-1} \left[ \frac{\{\cos 107^\circ - (\sin 22.935^\circ \sin 37.50^\circ)\}}{\{\cos 22.935^\circ \cos 37.50^\circ\}} \right]$$

$$= 136.4558917^\circ$$

$$t_I = 136.4558917 \div 15$$

$$= 9.097059449j$$

#### Waktu Isyak

$$= 13.07002759j + 9.097059449j$$

$$= 22.167080704$$

$$= \text{jam } 22:10:1.51$$

$$= \text{jam } 22:11 @ 17:11 \text{ UTC}$$



## 2) London ke Kuala Lumpur (02 Ogos 2011)

Lokasi	Latitud	Longitud
Turkmenistan	36.65 °U	61.85 °T
Tarikh	GHA	Deklinasi
02/08/2011	6j 53m 40s	17 °54.1'
03/08/2011	6j 53m 44.4s	17 °38.7'

### Istiwa

$$= \left[ \frac{24 - (61.85^\circ \div 15) - 6j\ 53m\ 40s}{(24j + 6j\ 53m\ 44.4s) - 6j\ 53m\ 40s} \right] \times 24$$

$$= 12.98156112j$$

$$\delta_I = 17^\circ 54.1' + \left[ \frac{20}{24} (17^\circ 38.7' - 17^\circ 54.1') \right]$$

$$= 17.68777778^\circ$$

$$Z_I = 90^\circ + 17^\circ$$

$$= 107^\circ$$

$$T_I = \cos^{-1} \left[ \frac{\cos 107^\circ - (\sin 17.68777778^\circ \sin 36.65^\circ)}{\cos 17.68777778^\circ \cos 36.65^\circ} \right]$$

$$= 128.2995523^\circ$$

$$t_I = 128.2995523^\circ \div 15$$

$$= 8.553303487j$$

### Waktu Isyak

$$= 12.98156112j + 8.553303487j$$

$$= 21.53486459j$$

$$= \text{jam } 21:32:55.1$$

$$= \text{jam } 21:33 @ 16:33 \text{ UTC}$$

### 4.5.3.2 Pengiraan Waktu Subuh

#### 1) Kuala Lumpur ke Amsterdam (07 Julai 2011)

Lokasi	Latitud	Longitud
Turkmenistan	35.38 °U	63.069 °T
Tarikh	GHA	Deklinasi
07/07/2011	6j 55m 11.2s	22 °38.4'
08/07/2011	6j 55m 1.6s	22 °32'

#### Istiwa

$$= [ \{ 24 - (63.069^\circ \div 15) - 6j\ 55m\ 11.2s / \{ (24 + 6j\ 55m\ 1.6s) - 6j\ 55m\ 11.2s \} \} \times 24$$

$$= 12.877053j$$

$$\delta_s = 22\ 38.4' + [6/24 (22\ 32' - 22\ 38.4' )]$$

$$= 22.61333333^\circ$$

$$Z_s = 90^\circ + 18^\circ$$

$$= 108^\circ$$

$$T_s = \cos^{-1} [ \{ \cos 108^\circ - (\sin 22.61333333^\circ \sin 35.38^\circ) \} / \{ \cos 22.61333333^\circ \cos 35.38^\circ \} ]$$

$$= 134.9402333^\circ$$

$$t_s = 134.9402333^\circ / 15$$

$$= 9.362093333j$$

#### Waktu Subuh

$$= 12.877053j - 8.996015554j$$

$$= 3.881037446j$$

= jam 3:52:51.73

= jam 3:53 @ 22:53 UTC

## 2) Kuala Lumpur ke London (01 Julai 2011)

Lokasi	Latitud	Longitud
Turkmenistan	38.60 U	58.00 T
Tarikh	GHA	Deklinasi
01/07/2011	6j 56m 16.8s	23 8.5'
02/07/2011	6j 56m 05.2s	23 4.5'

### Istiwa

$$= \left[ \frac{\{24 - (58.00^\circ \div 15) - 6j\ 56m\ 16.8s\}}{\{(24 + 6j\ 56m\ 05.2s) - 6j\ 56m\ 16.8s\}} \right] \times 24$$

$$= 13.19710516j$$

$$\delta_s = 22^\circ 38.4' + \left[ \frac{6}{24} (22^\circ 32' - 22^\circ 38.4') \right]$$

$$= 23.125^\circ$$

$$Z_s = 90^\circ + 18^\circ$$

$$= 108^\circ$$

$$T_s = \cos^{-1} \left[ \frac{\{\cos 108^\circ - (\sin 23.125^\circ \sin 38.60^\circ)\}}{\{\cos 23.125^\circ \cos 38.60^\circ\}} \right]$$

$$= 140.4314^\circ$$

$$t_s = 140.4314^\circ \div 15$$

$$= 9.362093333j$$

### Waktu Subuh

$$= 13.19710516j - 9.362093333j$$

$$= 3.835011827j$$

= jam 3;50;6.04

= jam 3:51 @ 22:51 UTC

### 3) Kuala Lumpur ke London (31 Julai 2011)

Lokasi	Latitud	Longitud
Turkmenistan	40.55 °U	55.00 °T
Tarikh	GHA	Deklinasi
31/07/2011	6j 53m 33.6s	18 °24'
01/08/2011	6j 53m 36.4s	18 °9.2'

#### Istiwa

$$= \left[ \{24 - (55.00^\circ \div 15) - 6j\ 53m\ 33.6s\} / \{(24 + 6j\ 53m\ 36.4s) - 6j\ 53m\ 33.6s\} \right] \times 24$$

$$= 13.44054222j$$

$$\delta_s = 18^\circ 24' + [6/24 (18^\circ 9.2' - 18^\circ 24')]$$

$$= 18.33833333^\circ$$

$$Z_s = 90^\circ + 18^\circ$$

$$= 108^\circ$$

$$T_s = \cos^{-1} \left[ \frac{\cos 108^\circ - (\sin 18.33833333^\circ \sin 40.55^\circ)}{\cos 18.33833333^\circ \cos 40.55^\circ} \right]$$

$$= 135.4012132^\circ$$

$$t_s = 135.4012132^\circ / 15$$

$$= 9.026747544j$$

#### Waktu Subuh

$$= 13.44054222j - 9.026747544j$$

$$= 4.413794676j$$

$$= \text{jam } 4:24:49.66$$

= jam 4:25 @ 23:25 UTC

#### 4) Kuala Lumpur ke Sydney (28 Julai 2011)

Lokasi	Latitud	Longitud
Australia	29.10 S	137.5 T
Tarikh	GHA	Deklinasi
29/07/2011	1j 53m 29.6s	18 52.6'
30/07/2011	1j 53m 31.2s	18 38.5'

#### Istiwa

$$= \left[ \{24 - (137.5^\circ \div 15) - 1j\ 53m\ 29.6s\} / \{(24 + 1j\ 53m\ 31.2s) - 1j\ 53m\ 29.6s\} \right] \times 24$$

$$= 12.94153812j$$

$$\delta_s = 19^\circ 6.5' + [6/24 (18^\circ 52.6' - 19^\circ 6.5')]$$

$$= 18.81791667^\circ$$

$$Z_s = 90^\circ + 18^\circ$$

$$= 108^\circ$$

$$T_s = \cos^{-1} \left[ \frac{\cos 108^\circ - (\sin 18.81791667^\circ \sin -29.10^\circ)}{\cos 18.81791667^\circ \cos -29.10^\circ} \right]$$

$$= 100.6002537^\circ$$

$$t_s = 100.6002537 \times 15$$

$$= 6.706683581j$$

#### Waktu Subuh

$$= 12.94153812j - 6.706683581j$$

$$= 6.234854539j$$

$$= \text{jam } 6:14:5.48$$

= jam 6: 15 @ 20:15 UTC

### 5) Kuala Lumpur ke Sydney (11 Ogos 2011)

Lokasi	Latitud	Longitud
Australia	29.60 S	137.8 T
Tarikh	GHA	Deklinasi
12/08/2011	1j 54m 49.2s	15 8.1'
13/08/2011	1j 52m 19.6s	14 50.1'

#### Istiwa

$$= \left[ \{24 - (137.8^\circ \div 15) - 1j\ 54m\ 49.2s\} / \{(24 + 1j\ 52m\ 19.6s) - 1j\ 54m\ 49.2s\} \right] \times 24$$

$$= 12.92204094j$$

$$\delta_s = 15\ 8.1' + [6/24 (14\ 50.1' - 15\ 8.1')]$$

$$= 15.06^\circ$$

$$Z_s = 90^\circ + 18^\circ$$

$$= 108^\circ$$

$$T_s = \cos^{-1} \left[ \frac{\cos 108^\circ - (\sin 15.06^\circ \sin -29.60^\circ)}{\cos 15.06^\circ \cos -29.60^\circ} \right]$$

$$= 102.4263651^\circ$$

$$t_s = 102.4263651 \div 15$$

$$= 6.828424341j$$

#### Waktu Subuh

$$= 12.92204094j - 6.828424341j$$

$$= 6.093616599j$$

$$= \text{jam } 6:05:37.02$$

$$= \text{jam } 6:06 @ 20:06 \text{ UTC}$$

**6) Kuala Lumpur ke Sydney (23 September 2011)**

<b>Lokasi</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Australia	28.50 S	132.5 T
<b>Tarikh</b>	<b>GHA</b>	<b>Deklinasi</b>
24/09/2011	2j 07m 42.4s	-00 °14.5'
25/09/2011	2j 08m 03.2s	-00 °37.9'

Istiwa

$$= \left[ \left\{ 24 - (132.5^\circ \div 15) - 2j\ 07m\ 42.4s \right\} / \left\{ (24 + 2j\ 08m\ 03.2s) - 2j\ 07m\ 42.4s \right\} \right] \times 24$$

$$= 13.03508415j$$

$$\delta_s = -00^\circ 14.5' + \left[ \frac{6}{24} (-00^\circ 37.9' - -00^\circ 14.5') \right]$$

$$= -0.339166666^\circ$$

$$Z_s = 90^\circ + 18^\circ$$

$$= 108^\circ$$

$$T_s = \cos^{-1} \left[ \left\{ \cos 108^\circ - (\sin -0.339166666^\circ \sin -28.50^\circ) \right\} / \left\{ \cos -0.339166666^\circ \cos -28.50^\circ \right\} \right]$$

$$= 110.7841655^\circ$$

$$t_s = 110.7841655^\circ / 15$$

$$= 7.385611032j$$

Waktu Subuh

$$= 13.03508415j - 7.385611032j$$

$$= 5.649437118j$$

$$= \text{jam } 5:38:58.1$$

$$= \text{jam } 5:39 @ 19:39 \text{ UTC}$$

**7) Kuala Lumpur ke Sydney (27 Oktober 2011)**

<b>Lokasi</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Australia	27.40 S	126.9 T
<b>Tarikh</b>	<b>GHA</b>	<b>Deklinasi</b>
28/10/2012	1j 16m 8.8s	-12 ° 55.4'
29/10/2012	1j 16m 13.6s	-13 ° 15.6'

Istiwa

$$= \left[ \frac{24 - (126.9^\circ \div 15) - 1j\ 16m\ 8.8s}{(24 + 1j\ 16m\ 13.6s) - 1j\ 16m\ 8.8s} \right] \times 24$$

$$= 14.27211788j$$

$$\delta_s = -12^\circ 55.4' + \left[ \frac{6}{24} (-13^\circ 15.6' - -12^\circ 55.4') \right]$$

$$= -13.0075^\circ$$

$$Z_s = 90^\circ + 18^\circ$$

$$= 108^\circ$$

$$T_s = \cos^{-1} \left[ \frac{\cos 108^\circ - (\sin -13.0075^\circ \sin -27.40^\circ)}{\cos -13.0075^\circ \cos -27.40^\circ} \right]$$

$$= 118.4878879^\circ$$

$$t_s = 118.4878879 \div 15$$

$$= 7.899192529j$$

Waktu Subuh

$$= 14.27211788j - 7.899192529j$$

$$= 6.372925351j$$

$$= \text{jam } 6:22:22.53$$

$$= \text{jam } 6:23 @ 19:23 \text{ UTC}$$



**8) Kuala Lumpur ke Sydney (13 Februari 2012)**

<b>Lokasi</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Australia	23.00 S	130.80 T
<b>Tarikh</b>	<b>GHA</b>	<b>Deklinasi</b>
14/02/2012	0j 45m 49.6s	-13 ° 17.5'
15/02/2012	0j 45m 51.6s	-12 ° 57.2'

Istiwa

$$= \left[ \frac{24 - (130.80^\circ \div 15) - 0j\ 45m\ 49.6s}{(24 + 0j\ 45m\ 51.6s) - 0j\ 45m\ 49.6s} \right] \times 24$$

$$= 14.51588621j$$

$$\delta_s = -13^\circ 17.5' + \left[ \frac{6}{24} (-12^\circ 57.2' - -13^\circ 17.5') \right]$$

$$= -13.20708333^\circ$$

$$Z_s = 90^\circ + 18^\circ$$

$$= 108^\circ$$

$$T_s = \cos^{-1} \left[ \frac{\cos 108^\circ - (\sin -13.20708333^\circ \sin -23.00^\circ)}{\cos -13.20708333^\circ \cos -23.00^\circ} \right]$$

$$= 116.387466^\circ$$

$$t_s = 116.387466 \div 15$$

$$= 7.759164403j$$

Waktu Subuh

$$= 14.51588621j - 7.759164403j$$

$$= 6.756721807j$$

$$= \text{jam } 6:45:24.2$$

$$= \text{jam } 6:46 @ 19:46 \text{ UTC}$$

**9) London ke Kuala Lumpur (14 September 2011)**

<b>Lokasi</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Russia	46.60 U	42.30 T
<b>Tarikh</b>	<b>GHA</b>	<b>Deklinasi</b>
14/09/2011	8j 04m 09.2s	03 37.6'
15/09/2011	8j 04m 30.4s	03 14.6'

Istiwa

$$= \left[ \frac{24 - (42.30^\circ \div 15) - 8j\ 04m\ 09.2s}{(24 + 8j\ 04m\ 30.4s) - 8j\ 04m\ 09.2s} \right] \times 24$$

$$= 12.82096523j$$

$$\delta_s = 03\ 37.6' + \left[ \frac{6}{24} (03\ 14.6' - 03\ 37.6') \right]$$

$$= 3.462380952^\circ$$

$$Z_s = 90^\circ + 18^\circ$$

$$= 108^\circ$$

$$T_s = \cos^{-1} \left[ \frac{\cos 108^\circ - (\sin 3.462380952^\circ \sin 46.60^\circ)}{\cos 3.462380952^\circ \cos 46.60^\circ} \right]$$

$$= 120.9249756^\circ$$

$$t_s = 120.9249756 \div 15$$

$$= 8.061665041j$$

Waktu Subuh

$$= 12.82096523j - 8.061665041j$$

$$= 4.759300189j$$

$$= \text{jam } 4:45:33.48$$

$$= \text{jam } 4:46 @ 00:46 \text{ UTC}$$

**10) London ke Kuala Lumpur (13 November 2011)**

<b>Lokasi</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Russia	45.43 U	46.118 T
<b>Tarikh</b>	<b>GHA</b>	<b>Deklinasi</b>
13/11/2011	8j 15m 50.4s	-17 48.4'
14/11/2011	8j 15m 42.4s	-18 4.3'

Istiwa

$$= \left[ \frac{24 - (46.118^\circ \div 15) - 8j\ 15m\ 50.4s}{(24 + 8j\ 15m\ 42.4s) - 8j\ 15m\ 50.4s} \right] \times 24$$

$$= 12.66263913j$$

$$\delta_s = -17^\circ 48.4' + \left[ \frac{6}{24} (-18^\circ 4.3' - -17^\circ 48.4') \right]$$

$$= -17.87291667^\circ$$

$$Z_s = 90^\circ + 18^\circ$$

$$= 108^\circ$$

$$T_s = \cos^{-1} \left[ \frac{\cos 108^\circ - (\sin -17.87291667^\circ \sin 45.43^\circ)}{\cos -17.87291667^\circ \cos 45.43^\circ} \right]$$

$$= 97.77684147^\circ$$

$$t_s = 97.77684147 \div 15$$

$$= 6.518456098j$$

Waktu Subuh

$$= 12.66263913j - 6.518456098j$$

$$= 6.144183032j$$

$$= \text{jam } 6:08:39.06$$

$$= \text{jam } 6:09 @ 02:09 \text{ UTC}$$

Jadual 4.6: Perbezaan Waktu Solat dari Data Cerapan dan Pengiraan.

Waktu Solat	Penerbangan	Tarikh	Kajian (UTC)	Pengiraan (UTC)	Perbezaan
Isyak	London-KL	03/07/2011	17:10	17:11	01 minit
		02/08/2011	16:40	16:33	07 minit
Subuh	KL-Amsterdam	07/07/2011	22:39	22:53	14 minit
	KL-London	01/07/2011	22:43	22:51	08 minit
		31/07/2011	23:05	23:25	20 minit
	KL-Sydney	28/07/2011	20:02	20:15	13 minit
		11/08/2011	19:59	20:06	07 minit
		23/09/2011	19:32	19:39	07 minit
		27/10/2011	19:10	19:23	13 minit
		13/02/2012	19:42	19:46	04 minit
	London-KL	14/09/2011	00:43	00:46	03 minit
		13/11/2011	02:09	02:09	00 minit

#### 4.5.4 Pengiraan Jarak Zenit bagi Waktu Solat

Daripada analisis graf, awal waktu solat telah diplot. Kemudian, pengkaji membandingkan data masa dengan OFP bagi setiap penerbangan bagi mengetahui koordinat bermulanya waktu solat. Namun demikian jarak zenit matahari ketika bermulanya waktu solat isyak dan subuh tidak diketahui. Oleh itu pengiraan perlulah dilakukan berdasarkan beberapa data dan maklumat yang telah dikumpul. Maklumat

lokasi, latitud dan longitud diperoleh daripada *flight plan* yang dibekalkan oleh pihak MAS. Maklumat awal waktu Isyak dan Subuh adalah hasil daripada pemplotan graf berdasarkan data yang dikumpul menggunakan SQM-LU. Maklumat istiwa dan deklinasi adalah daripada hasil pengiraan yang ditunjukkan sebelum ini.

#### 4.5.4.1 Pengiraan Jarak Zenit Matahari Bagi Waktu Isyak

##### 1) London ke Kuala Lumpur (03 Julai 2011)

<b>Lokasi</b>	Turkmenistan
<b>Latitud</b>	37.50 °U
<b>Longitud</b>	60.00 °T
<b>Isyak</b>	Jam 22:10
<b>Istiwa</b>	13.07002759j
<b>Deklinasi Isyak</b>	22.935 °

Tempoh waktu dari istiwa ke waktu Isyak,  $t_I$

$$\begin{aligned}
 T_I &= \text{Isyak} - \text{istiwa} \\
 &= 22.16666667j - 13.07002759j \\
 &= 9.096639077j
 \end{aligned}$$

Sudut waktu matahari ketika masuk waktu Isyak,  $T_I$

$$\begin{aligned}
 T_I &= t_S * 15 \\
 &= 9.096639077j * 15 \\
 &= 136.4495862^\circ
 \end{aligned}$$

Jarak zenit matahari ketika masuk waktu Isyak,  $Z_I$

$$Z_I = \cos^{-1}[\cos T_I * (\cos \delta_I \cos \phi_I) + (\sin \delta_I \sin \phi_I)]$$

$$\begin{aligned}
&= \cos^{-1}[\cos 136.4495862 \text{ }^{\circ} * (\cos 22.935 \text{ }^{\circ} \cos 37.50 \text{ }^{\circ}) + (\sin 22.935 \text{ }^{\circ} \sin \\
&37.50 \text{ }^{\circ})] \\
&= 106.9966809 \text{ }^{\circ} \\
&= \mathbf{106^{\circ} 59' 48''}
\end{aligned}$$

## 2) London ke Kuala Lumpur (02 Ogos 2011)

<b>Lokasi</b>	Turkmenistan
<b>Latitud</b>	36.65 °U
<b>Longitud</b>	61.85 °T
<b>Isyak</b>	Jam 21:39
<b>Istiwa</b>	12.98156112j
<b>Deklinasi Isyak</b>	17.68777778 °

Tempoh waktu dari istiwa ke waktu Isyak,  $t_I$

$$\begin{aligned}
t_I &= \text{Isyak} - \text{istiwa} \\
&= 21.65j - 12.98156112j \\
&= 8.66843888j
\end{aligned}$$

Sudut waktu matahari ketika masuk waktu Isyak,  $T_I$

$$\begin{aligned}
T_I &= t_S * 15 \\
&= 8.66843888j * 15 \\
&= 130.0265832 \text{ }^{\circ}
\end{aligned}$$

Jarak zenit matahari ketika masuk waktu Isyak,  $Z_I$

$$\begin{aligned}
Z_I &= \cos^{-1}[\cos T_I * (\cos \delta_I \cos \phi_I) + (\sin \delta_I \sin \phi_I)] \\
&= \cos^{-1}[\cos 130.0265832 \text{ }^{\circ} * (\cos 17.68777778 \text{ }^{\circ} \cos 36.65 \text{ }^{\circ}) + (\sin \\
&17.68777778 \text{ }^{\circ}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \sin 36.65 \text{ } \text{)]} \\ & = 108.0733968 \text{ } ^\circ \\ & = 108^\circ 4' 24.23'' \end{aligned}$$

#### 4.5.4.2 Pengiraan Jarak Zenit Matahari Bagi Waktu Subuh

##### 1) Kuala Lumpur ke Amsterdam (07 Julai 2011)

<b>Lokasi</b>	Turkmenistan
<b>Latitud</b>	35.38 °U
<b>Longitud</b>	63.069 °T
<b>Subuh</b>	Jam 3:39
<b>Istiwa</b>	12.877053j
<b>Deklinasi Subuh</b>	22.61333333 °

Tempoh waktu dari Subuh ke waktu istiwa,  $t_s$

$$\begin{aligned} t_s &= \text{istiwa} - \text{Subuh} \\ &= 12.877053j - 3.65j \\ &= 9.227053j \end{aligned}$$

Sudut waktu matahari ketika masuk waktu Subuh,  $T_s$

$$\begin{aligned} T_s &= 9.227053j * 15 \\ &= 138.405795 \text{ } ^\circ \end{aligned}$$

Jarak zenit matahari ketika masuk waktu Subuh,  $Z_s$

$$\begin{aligned} Z_s &= \cos^{-1}[\cos T_s * (\cos \delta_s \cos \phi_s) + (\sin \delta_s \sin \phi_s)] \\ &= \cos^{-1}[\cos 138.405795 \text{ } ^\circ * (\cos 22.61333333 \text{ } ^\circ \cos 35.38 \text{ } ^\circ) + (\sin 22.61333333 \text{ } ^\circ \\ & \quad \sin 35.38 \text{ } ^\circ)] \end{aligned}$$

$$= 109.892058^\circ$$

$$= 109^\circ 53' 31.4''$$

## 2) Kuala Lumpur ke London (01 Julai 2011)

<b>Lokasi</b>	Turkmenistan
<b>Latitud</b>	38.60 °U
<b>Longitud</b>	58.00 °T
<b>Subuh</b>	Jam 3:43
<b>Istiwa</b>	13.19710516j
<b>Deklinasi Subuh</b>	23.125 °

Tempoh waktu dari Subuh ke waktu istiwa,  $t_s$

$$\begin{aligned} t_s &= \text{istiwa} - \text{Subuh} \\ &= 13.19710516j - 3.716666667j \\ &= 9.480438493j \end{aligned}$$

Sudut waktu matahari ketika masuk waktu Subuh,  $T_s$

$$\begin{aligned} T_s &= t_s * 15 \\ &= 9.480438493j * 15 \\ &= 142.2065774^\circ \end{aligned}$$

Jarak zenit matahari ketika masuk waktu Subuh,  $Z_s$

$$\begin{aligned} Z_s &= \cos^{-1}[\cos T_s * (\cos \delta_s \cos \phi_s) + (\sin \delta_s \sin \phi_s)] \\ &= \cos^{-1}[\cos 142.2065774^\circ * (\cos 23.125^\circ \cos 38.60^\circ) + (\sin 23.125^\circ \sin 38.60^\circ)] \\ &= 108.8404303^\circ \\ &= 108^\circ 50' 25.5'' \end{aligned}$$



### 3) Kuala Lumpur ke London (31 Julai 2011)

<b>Lokasi</b>	Turkmenistan
<b>Latitud</b>	40.55 °U
<b>Longitud</b>	55.00 °T
<b>Subuh</b>	Jam 4:05
<b>Istiwa</b>	13.44054222j
<b>Deklinasi Subuh</b>	18.33833333 °

Tempoh waktu dari Subuh ke waktu istiwa,  $t_s$

$$\begin{aligned}
 t_s &= \text{istiwa} - \text{Subuh} \\
 &= 13.44054222j - 4.083333333j \\
 &= 9.357208887j
 \end{aligned}$$

Sudut waktu matahari ketika masuk waktu Subuh,  $T_s$

$$\begin{aligned}
 T_s &= t_s * 15 \\
 &= 9.357208887j * 15 \\
 &= 140.3581333 °
 \end{aligned}$$

Jarak zenit matahari ketika masuk waktu Subuh,  $Z_s$

$$\begin{aligned}
 Z_s &= \cos^{-1}[\cos T_s * (\cos \delta_s \cos \phi_s) + (\sin \delta_s \sin \phi_s)] \\
 &= \cos^{-1}[\cos 140.3581333 ° * (\cos 18.33833333 ° \cos 40.55 °) + (\sin \\
 &\quad 18.33833333 ° \sin 40.55 °)] \\
 &= 110.5395653 ° \\
 &= \mathbf{110^\circ 32' 22.4''}
 \end{aligned}$$

**4) Kuala Lumpur ke Sydney (28 Julai 2011)**

<b>Lokasi</b>	Australia
<b>Latitud</b>	29.10 S
<b>Longitud</b>	137.5 T
<b>Subuh</b>	Jam 6:02
<b>Istiwa</b>	12.94153812j
<b>Deklinasi Subuh</b>	18.81791667 °

Tempoh waktu dari Subuh ke waktu istiwa,  $t_s$

$$\begin{aligned}
 t_s &= \text{istiwa} - \text{Subuh} \\
 &= 12.94153812j - 6.033333333j \\
 &= 6.908204787j
 \end{aligned}$$

Sudut waktu matahari ketika masuk waktu Subuh,  $T_s$

$$\begin{aligned}
 T_s &= t_s * 15 \\
 &= 6.908204787j * 15 \\
 &= 103.6230718^\circ
 \end{aligned}$$

Jarak zenit matahari ketika masuk waktu Subuh,  $Z_s$

$$\begin{aligned}
 Z_s &= \cos^{-1}[\cos T_s * (\cos \delta_s \cos \phi_s) + (\sin \delta_s \sin \phi_s)] \\
 &= \cos^{-1}[\cos 103.6230718^\circ * (\cos 18.81791667^\circ \cos -29.10^\circ) + (\sin \\
 &\quad 18.81791667^\circ \sin -29.10^\circ)] \\
 &= 110.5898189^\circ \\
 &= \mathbf{110^\circ 35' 23.3''}
 \end{aligned}$$

**5) Kuala Lumpur ke Sydney (11 Ogos 2011)**

<b>Lokasi</b>	Australia
<b>Latitud</b>	29.60 S
<b>Longitud</b>	137.8 T
<b>Subuh</b>	Jam 5:59
<b>Istiwa</b>	12.92204094j
<b>Deklinasi Subuh</b>	15.06 °

Tempoh waktu dari Subuh ke waktu istiwa,  $t_s$

$$\begin{aligned}
 t_s &= \text{istiwa} - \text{Subuh} \\
 &= 12.92204094j - 5.983333333j \\
 &= 6.93870764j
 \end{aligned}$$

Sudut waktu matahari ketika masuk waktu Subuh,  $T_s$

$$\begin{aligned}
 T_s &= t_s * 15 \\
 &= 6.93870764j * 15 \\
 &= 104.0806146^\circ
 \end{aligned}$$

Jarak zenit matahari ketika masuk waktu Subuh,  $Z_s$

$$\begin{aligned}
 Z_s &= \cos^{-1}[\cos T_s * (\cos \delta_s \cos \phi_s) + (\sin \delta_s \sin \phi_s)] \\
 &= \cos^{-1}[\cos 104.0806146^\circ * (\cos 15.06^\circ \cos -29.60^\circ) + (\sin 15.06^\circ \sin \\
 &\quad -29.60^\circ)] \\
 &= 109.4274158^\circ \\
 &= \mathbf{109^\circ 25' 38.7''}
 \end{aligned}$$

**6) Kuala Lumpur ke Sydney (23 September 2011)**

<b>Lokasi</b>	Australia
<b>Latitud</b>	28.50 S
<b>Longitud</b>	132.5 T
<b>Subuh</b>	Jam 5:32
<b>Istiwa</b>	13.03508415j
<b>Deklinasi Subuh</b>	-0.339166666 °

Tempoh waktu dari Subuh ke waktu istiwa,  $t_s$

$$\begin{aligned}
 t_s &= \text{istiwa} - \text{Subuh} \\
 &= 13.03508415j - 5.533333333j \\
 &= 7.501750817j
 \end{aligned}$$

Sudut waktu matahari ketika masuk waktu Subuh,  $T_s$

$$\begin{aligned}
 T_s &= t_s * 15 \\
 &= 7.501750817j * 15 \\
 &= 112.5262623 ^\circ
 \end{aligned}$$

Jarak zenit matahari ketika masuk waktu Subuh,  $Z_s$

$$\begin{aligned}
 Z_s &= \cos^{-1}[\cos T_s * (\cos \delta_s \cos \phi_s) + (\sin \delta_s \sin \phi_s)] \\
 &= \cos^{-1}[\cos 112.5262623 ^\circ * (\cos -0.339166666 ^\circ \cos -28.50 ^\circ) + (\sin - \\
 &\quad 0.339166666 ^\circ \sin -28.50 ^\circ)] \\
 &= 109.5026193 ^\circ \\
 &= \mathbf{109 ^\circ 30' 9.43''}
 \end{aligned}$$

**7) Kuala Lumpur ke Sydney (27 Oktober 2011)**

<b>Lokasi</b>	Australia
<b>Latitud</b>	27.40 S
<b>Longitud</b>	126.9 T
<b>Subuh</b>	Jam 6:10
<b>Istiwa</b>	14.27211788j
<b>Deklinasi Subuh</b>	-13.0075 °

Tempoh waktu dari Subuh ke waktu istiwa,  $t_s$

$$\begin{aligned}
 t_s &= \text{istiwa} - \text{Subuh} \\
 &= 14.27211788j - 6.166666667j \\
 &= 8.105451213j
 \end{aligned}$$

Sudut waktu matahari ketika masuk waktu Subuh,  $T_s$

$$\begin{aligned}
 T_s &= t_s * 15 \\
 &= 8.105451213j * 15 \\
 &= 121.5817682^\circ
 \end{aligned}$$

Jarak zenit matahari ketika masuk waktu Subuh,  $Z_s$

$$\begin{aligned}
 Z_s &= \cos^{-1}[\cos T_s * (\cos \delta_s \cos \phi_s) + (\sin \delta_s \sin \phi_s)] \\
 &= \cos^{-1}[\cos 121.5817682^\circ * (\cos -13.0075^\circ \cos -27.40^\circ) + (\sin -13.0075^\circ \sin - \\
 &\quad 27.40^\circ)] \\
 &= 110.4536992^\circ \\
 &= \mathbf{110^\circ 27' 13.3''}
 \end{aligned}$$

**8) Kuala Lumpur ke Sydney (13 Februari 2012)**

<b>Lokasi</b>	Australia
<b>Latitud</b>	23.00 S
<b>Longitud</b>	130.80 T
<b>Subuh</b>	Jam 6:42
<b>Istiwa</b>	14.51588621j
<b>Deklinasi Subuh</b>	-13.20708333 °

Tempoh waktu dari Subuh ke waktu istiwa,  $t_s$

$$\begin{aligned}
 t_s &= \text{istiwa} - \text{Subuh} \\
 &= 14.51588621j - 6.7j \\
 &= 7.81588621j
 \end{aligned}$$

Sudut waktu matahari ketika masuk waktu Subuh,  $T_s$

$$\begin{aligned}
 T_s &= t_s * 15 \\
 &= 7.81588621j * 15 \\
 &= 117.2382932^\circ
 \end{aligned}$$

Jarak zenit matahari ketika masuk waktu Subuh,  $Z_s$

$$\begin{aligned}
 Z_s &= \cos^{-1}[\cos T_s * (\cos \delta_s \cos \phi_s) + (\sin \delta_s \sin \phi_s)] \\
 &= \cos^{-1}[\cos 117.2382932^\circ * (\cos -13.20708333^\circ \cos -23.00^\circ) + (\sin \\
 &\quad -13.20708333^\circ \sin -23.00^\circ)] \\
 &= 108.7169873^\circ \\
 &= \mathbf{108^\circ 43' 1.15''}
 \end{aligned}$$

**9) London ke Kuala Lumpur (14 September 2011)**

<b>Lokasi</b>	Russia
<b>Latitud</b>	46.60 °U
<b>Longitud</b>	42.30 °T
<b>Subuh</b>	Jam 4:43
<b>Istiwa</b>	12.82096523j
<b>Deklinasi Subuh</b>	3.462380952 °

Tempoh waktu dari Subuh ke waktu istiwa,  $t_s$

$$\begin{aligned}t_s &= \text{istiwa} - \text{Subuh} \\ &= 12.82096523j - 4.716666667j \\ &= 8.104298563j\end{aligned}$$

Sudut waktu matahari ketika masuk waktu Subuh,  $T_s$

$$\begin{aligned}T_s &= t_s * 15 \\ &= 8.104298563j * 15 \\ &= 121.5644784^\circ\end{aligned}$$

Jarak zenit matahari ketika masuk waktu Subuh,  $Z_s$

$$\begin{aligned}Z_s &= \cos^{-1}[\cos T_s * (\cos \delta_s \cos \phi_s) + (\sin \delta_s \sin \phi_s)] \\ &= \cos^{-1}[\cos 121.5644784^\circ * (\cos 3.462380952^\circ \cos 46.60^\circ) + (\sin \\ &\quad 3.462380952^\circ \sin 46.60^\circ)] \\ &= 108.3683382^\circ \\ &= \mathbf{108^\circ 22' 6.02''}\end{aligned}$$

**10) London ke Kuala Lumpur (13 November 2011)**

<b>Lokasi</b>	Russia
<b>Latitud</b>	45.43 °U
<b>Longitud</b>	46.118 °T
<b>Subuh</b>	Jam 6:09
<b>Istiwa</b>	12.84385592j
<b>Deklinasi Subuh</b>	-17.87291667 °

Tempoh waktu dari Subuh ke waktu istiwa,  $t_s$

$$\begin{aligned}t_s &= \text{istiwa} - \text{Subuh} \\ &= 12.66263913j - 6.15j \\ &= 6.51263913j\end{aligned}$$

Sudut waktu matahari ketika masuk waktu Subuh,  $T_s$

$$\begin{aligned}T_s &= t_s * 15 \\ &= 6.51263913j * 15 \\ &= 97.68958695^\circ\end{aligned}$$

Jarak zenit matahari ketika masuk waktu Subuh,  $Z_s$

$$\begin{aligned}Z_s &= \cos^{-1}[\cos T_s * (\cos \delta_s \cos \phi_s) + (\sin \delta_s \sin \phi_s)] \\ &= \cos^{-1}[\cos 97.68958695^\circ * (\cos -17.87291667^\circ \cos 45.43^\circ) + (\sin - \\ &\quad 17.87291667^\circ \sin 45.43^\circ)] \\ &= 107.9392903^\circ \\ &= \mathbf{107^\circ 56' 2.14''}\end{aligned}$$



## 4.6 KESIMPULAN

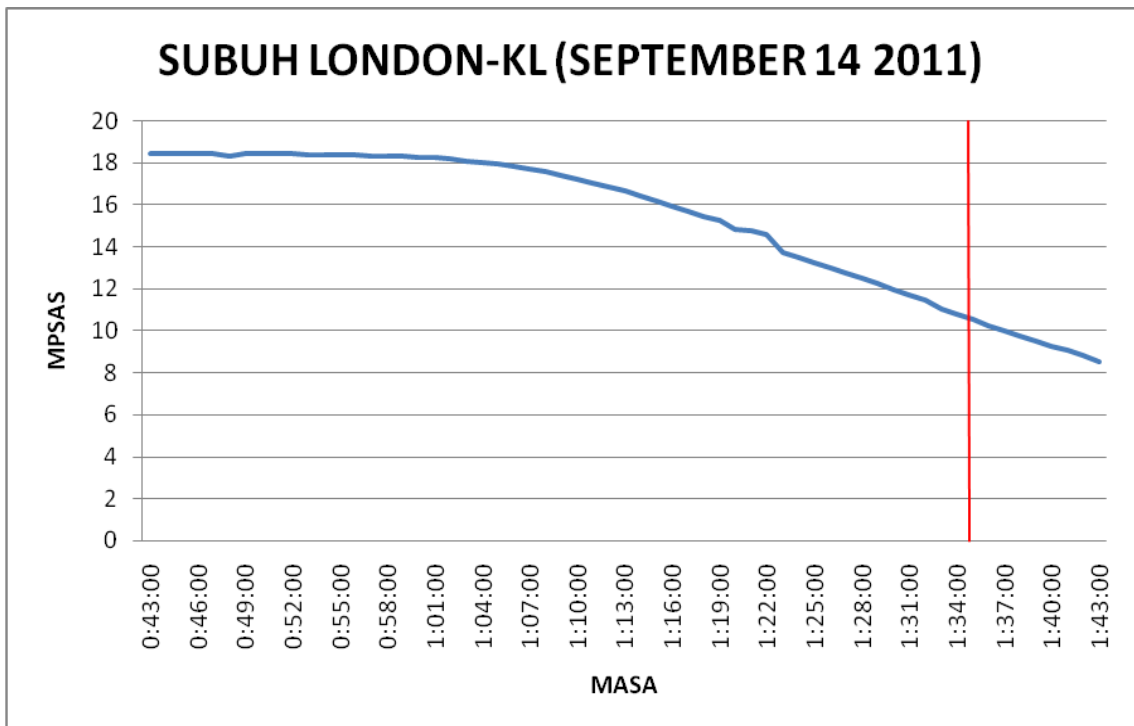
Berdasarkan kajian, jarak zenit matahari bagi bermulanya waktu Isyak ialah antara  $106^{\circ}$  hingga  $108^{\circ}$ . Jarak zenit matahari bagi awal waktu Subuh pula ialah antara  $107^{\circ}$  hingga  $110^{\circ}$ .

Jadual 4.7: Julat jarak zenit matahari bagi waktu Isyak dan Subuh.

Waktu	Penerbangan	Julat Jarak Zenit
Isyak	London-KL	$106^{\circ}$ - $108^{\circ}$
Subuh	KL-Amsterdam	$109^{\circ}$
	KL-London	$108^{\circ}$ - $110^{\circ}$
	KL-Sydney	$108^{\circ}$ - $110^{\circ}$
	London-KL	$107^{\circ}$ - $108^{\circ}$

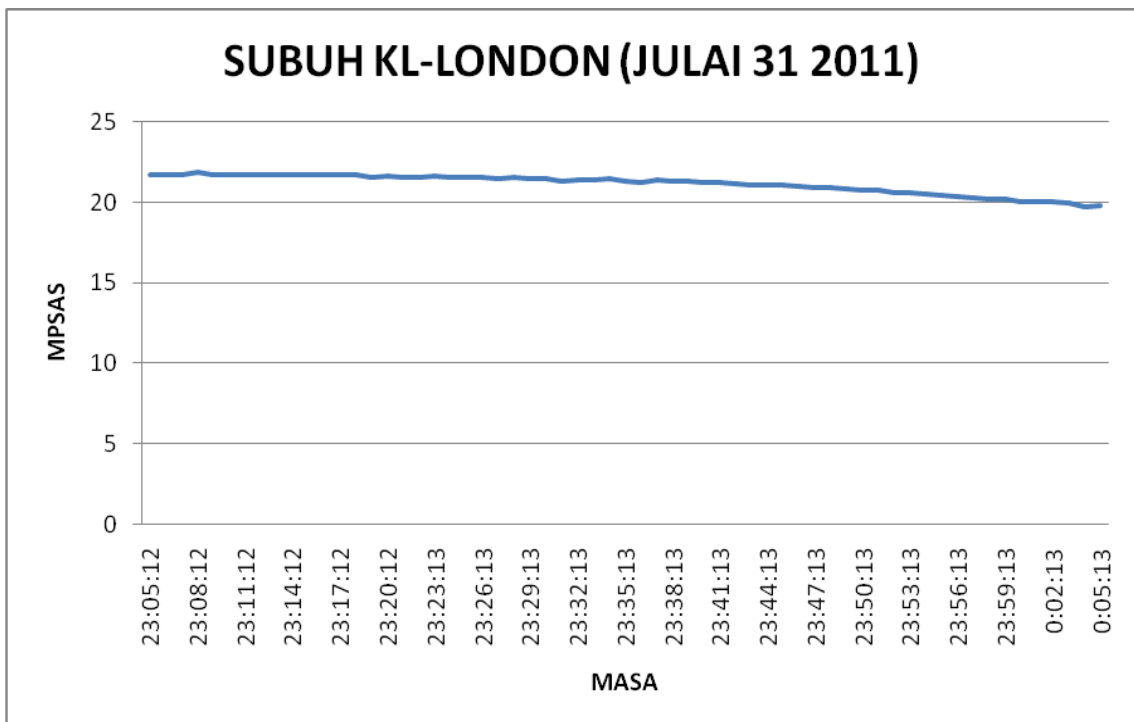
Hasil daripada cerapan yang dilakukan, pengkaji mendapati tempoh masuk waktu Subuh bagi penerbangan Barat ke Timur (cth: London ke Kuala Lumpur) adalah lebih cepat berbanding penerbangan Timur ke Barat (cth: Kuala Lumpur ke London). Hal ini disebabkan, penerbangan Barat ke Timur berlawanan arah dengan pergerakan matahari yang bergerak dari Timur ke Barat. Oleh yang demikian, waktu Subuh bagi penerbangan Barat ke Timur juga akan berakhir dengan cepat. Perbandingan ditunjukkan dengan melihat graf perubahan kecerahan langit bagi kedua-dua penerbangan.

a) Penerbangan Barat Ke Timur (London-Kuala Lumpur)



Graf 4.14: Perubahan kecerahan langit bagi penerbangan London-KL (14/09/2011).

b) Penerbangan Timur ke Barat (Kuala Lumpur-London)



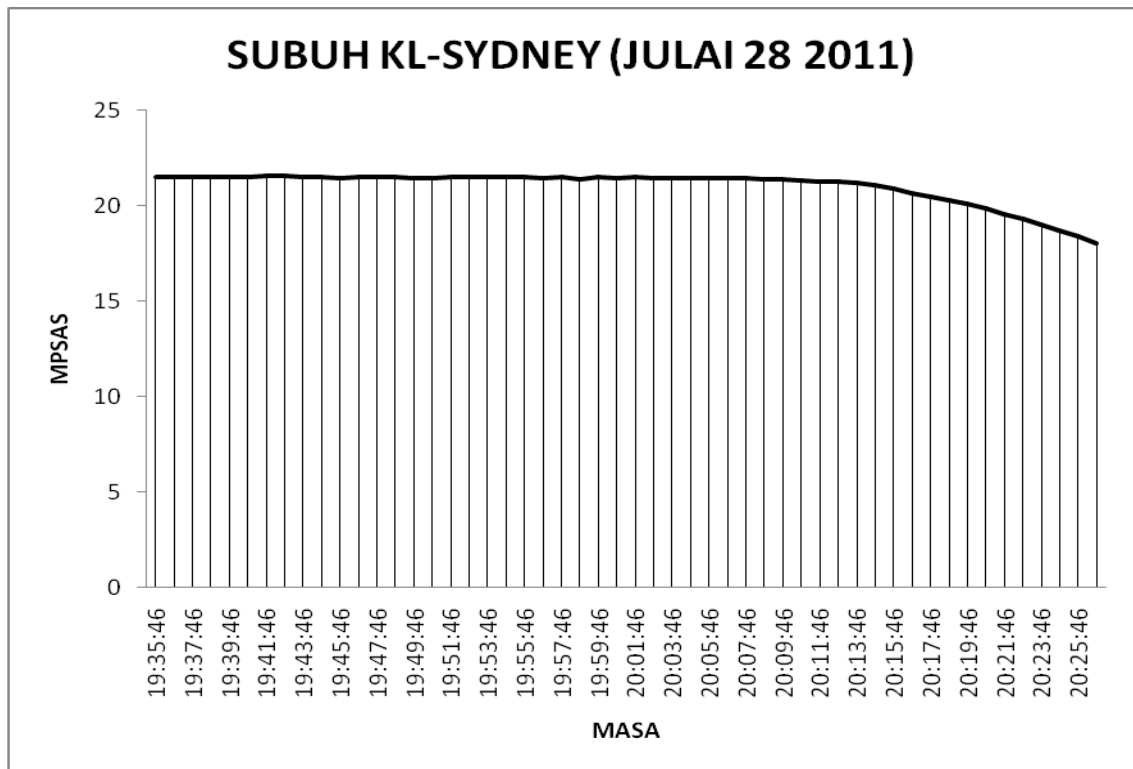
Graf 4.15: Perubahan kecerahan langit bagi penerbangan KL-London (31/07/2011).

Kedua-dua graf di atas menunjukkan perubahan kecerahan dari tempoh bermula waktu Subuh hingga 1 jam berikutnya. Graf (a) menunjukkan penurunan nilai MPSAS yang ketara berbanding graf (b). Perubahan kecerahan yang lebih cepat menunjukkan tempoh terbit matahari yang cepat selepas terbitnya fajar *ṣādiq*. Graf (a) iaitu penerbangan London ke Kuala Lumpur menunjukkan matahari terbit 52 minit selepas masuk waktu Subuh iaitu pada jam 1:35 UTC.

Sebaliknya, bagi penerbangan Kuala Lumpur ke London, matahari terbit pada jam 2:30 UTC iaitu selepas 3 jam 25 minit masuk waktu Subuh. Ini membuktikan waktu Subuh bagi perjalanan Barat ke Timur (lawan arah dengan matahari) berakhir lebih cepat berbanding waktu Subuh bagi perjalanan Timur ke Barat (ikut arah pergerakan matahari).

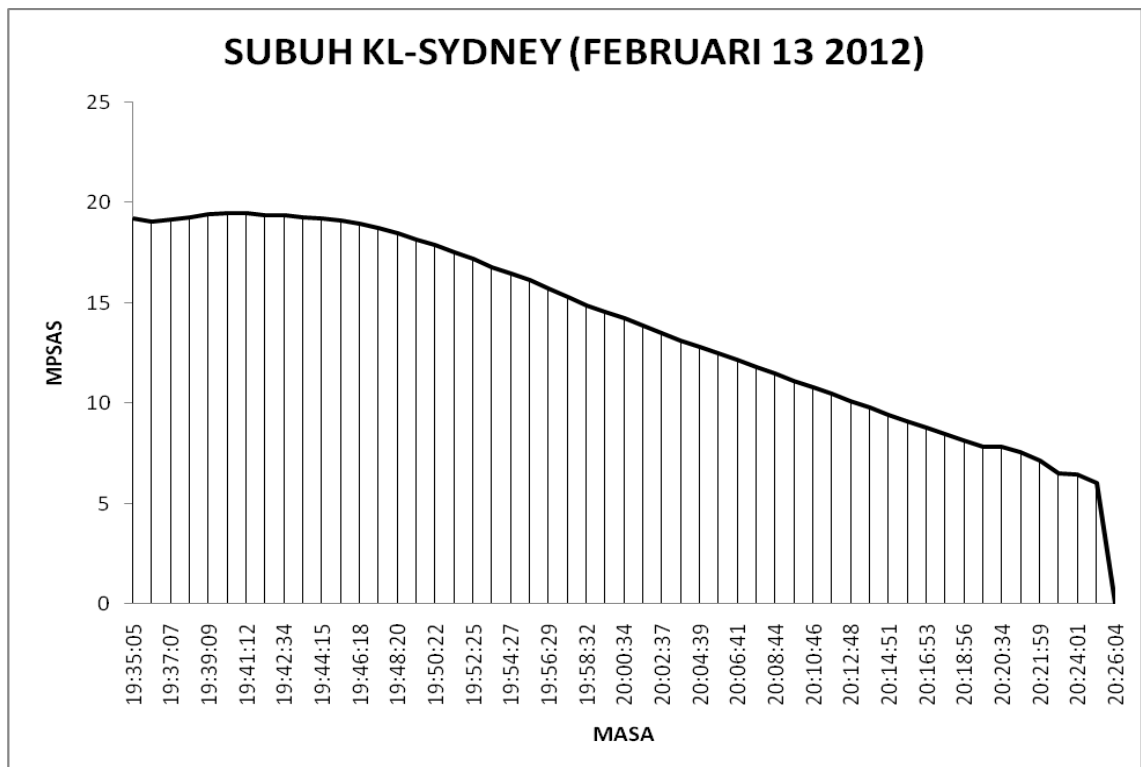
Selain itu, faktor perubahan musim juga memberi kesan terhadap tempoh bagi sesuatu penerbangan untuk menempuh waktu solat. Hal ini disebabkan arah penerbangan menuju ke Negara berlatitud tinggi yang mengalami kejadian empat musim. Perubahan musim memberi kesan terhadap perubahan waktu solat. Perubahan ini dapat diperhatikan dengan melihat graf perubahan kecerahan langit bagi penerbangan pada musim sejuk (*winter*) dan musim panas (*summer*). Contoh yang ditunjukkan ialah perubahan tempoh masa dari waktu berlepas hingga terbit fajar *ṣādiq* bagi penerbangan dari Kuala Lumpur menuju Sydney.

a) Penerbangan pada musim sejuk.



Graf 4.16: Perubahan kecerahan langit bagi penerbangan KL-Sydney (28/07/2011).

b) Penerbangan pada musim panas.



Graf 4.17: Perubahan kecerahan langit bagi penerbangan KL-Sydney (13/02/2012).

Kita dapat perhatikan bahawa waktu Subuh bagi penerbangan pada musim panas masuk lebih awal berbanding penerbangan pada musim sejuk melalui graf perubahan kecerahan langit (a) dan (b).

Bagi penerbangan 28 Julai 2011 (musim sejuk), waktu kapal terbang berlepas ialah pada jam 14:30 UTC dan waktu solat Subuh bermula pada jam 20:02 UTC iaitu 5 jam 32 minit selepas penerbangan. Penerbangan pada 13 Februari 2012 (musim panas) berlepas pada jam 14:54 UTC dan waktu Subuh bermula pada jam 19:42 UTC iaitu 4 jam 48 minit selepas kapal terbang berlepas. Waktu Subuh bagi penerbangan pada musim panas bermula lebih awal daripada penerbangan pada musim sejuk. Tempoh waktu Isyak juga lebih lama sebelum masuknya waktu Subuh. Oleh sebab itu, bacaan MPSAS pada graf (a) mendatar bagi jangka waktu yang panjang berbanding graf (b).

Perkara ini adalah disebabkan pada bulan Disember hingga Februari, Australia mengalami musim panas dan pada ketika ini waktu siang juga lebih panjang dari waktu malam. Fenomena ini disebabkan oleh matahari yang terbit awal dan terbenam lambat. Musim sejuk di Australia pula ialah dari bulan Jun hingga Ogos, dan pada waktu ini matahari akan terbit lambat dan terbenam lebih awal. Oleh itu, waktu malam akan menjadi lebih panjang.