

BAB II

SISTEM WAKTU DAN KALENDER

2.1 Kalender Masehi (Julian dan Gregorian)

Pada kalender Masehi yang berbasis murni pergerakan matahari, baik Julian atau Gregorian, 1 tahun terdiri dari 12 bulan yaitu Januari, Februari hingga Desember. Bulan Januari, Maret, Mei, Juli, Agustus, Oktober dan Desember masing-masing berisi 31 hari. Bulan April, Juni, September dan Nopember masing-masing berisi 30 hari. Khusus untuk bulan Februari, jumlah hari dapat berupa 28 hari (tahun biasa) atau 29 hari (tahun kabisat). Total jumlah hari dalam setahun adalah 365 hari (tahun biasa, *common year*) atau 366 hari (tahun kabisat, *leap year*).

Pada kalender Julian, satu tahun secara rata-rata didefinisikan sebagai 365,25 hari. Angka 365,25 dapat dinyatakan dalam bentuk

$$365,25 = \frac{3 \times 365 + 1 \times 366}{4} \quad (2.1)$$

Karena itu dalam kalender Julian, terdapat tahun kabisat setiap 4 tahun. Atau dengan kata lain, dalam kalender Julian, selama rentang waktu 400 tahun terdapat 100 tahun kabisat dan 300 tahun biasa. Kalender Julian ditetapkan oleh Julius Caesar dan berlaku sampai dengan hari Kamis 4 Oktober 1582 M. Paus Gregorius mengubah kalender Julian dengan menetapkan bahwa tanggal setelah Kamis 4 Oktober 1582 M adalah Jumat 15 Oktober 1582 M. Jadi, tidak ada hari dan

tanggal 5 sampai dengan 14 Oktober 1582. Sejak 15 Oktober 1582 M itulah berlaku kalender Gregorian. Lihat Gambar 2.1.

Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
30 Sept 1582	1 Okt 1582	2 Okt 1582	3 Okt 1582	4 Okt 1582	15 Okt 1582	16 Okt 1582
← Julian					Gregorian →	

Gambar 2.1 Peralihan dari kalender Julian ke Gregorian

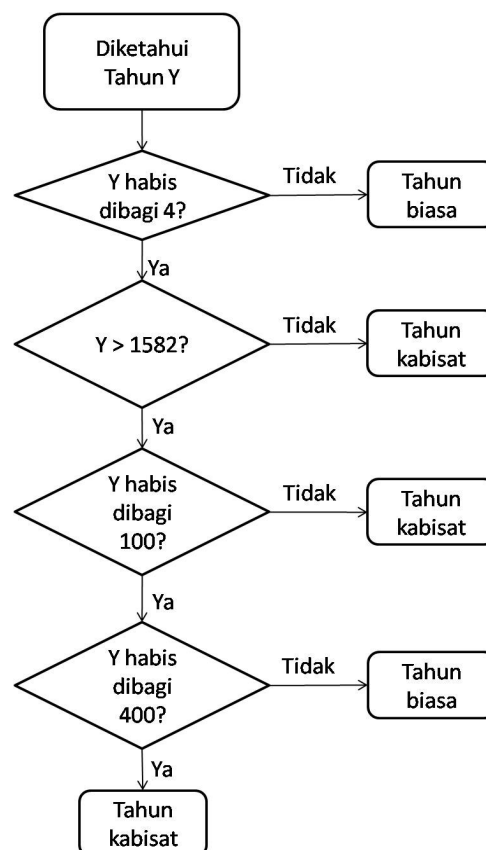
Pada kalender Julian, tahun kabisat terjadi pada tahun yang habis dibagi 4. Contoh tahun kabisat pada kalender Julian adalah tahun 4, 100, 400. Untuk tahun negatif, ada perbedaan antara sejarawan dan astronom dalam penomoran tahun. Bagi sejarawan, hitungan mundur tahun sebelum tahun 1 adalah tahun 1 SM, 2 SM, 3 SM dan seterusnya. Sementara menurut astronom hitungan mundur tahun sebelum tahun 1 adalah tahun 0, -1, -2 dan seterusnya. Sebagai contoh, tahun -45 sama dengan tahun 46 SM. Adapun tahun kabisat (*leap year*) yang habis dibagi 4 untuk tahun negatif dirumuskan secara astronomis. Jadi yang termasuk tahun kabisat adalah tahun 8, 4, 0, -4, -8, -12 dan seterusnya. Lihat Gambar 2.2.

Dalam kalender Gregorian, definisi tahun kabisat sedikit mengalami perubahan. Jika suatu tahun habis dibagi 4 tetapi tidak habis dibagi 100, termasuk tahun kabisat. Contohnya, tahun 1972 dan tahun 2468 termasuk tahun kabisat. Jika suatu tahun habis 100, tetapi tidak habis dibagi 400, maka tahun tersebut bukan tahun kabisat. Jika habis dibagi 400, termasuk tahun kabisat. Jadi, tahun

1700, 1800, 1900 bukan tahun kabisat, sedangkan tahun 1600, 2000, 2400 termasuk tahun kabisat. Diagram alir untuk menentukan apakah suatu tahun termasuk tahun biasa atau kabisat terdapat pada Gambar 2.3.

sejarawan	5 SM	4 SM	3 SM	2 SM	1 SM	1 M	2 M	3 M	4 M
astronom	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
	kabisat	biasa	biasa	biasa	kabisat	biasa	biasa	biasa	kabisat

Gambar 2.2 Perbandingan antara tahun menurut sejarawan dan astronom



Gambar 2.3 Diagram Alir untuk menentukan tahun kabisat atau biasa pada kalender Masehi

Terjadinya perubahan kalender Julian menjadi kalender Gregorian disebabkan adanya selisih antara panjang satu tahun dalam kalender Julian dengan panjang rata-rata tahun tropis (*mean tropical year*). Satu tahun kalender Julian adalah 365,2500 hari. Sementara panjang rata-rata tahun tropis adalah 365,2422 hari. Berarti dalam satu tahun terdapat selisih sekitar 11 menit.

$$365,2500 \text{ hari} - 365,2422 \text{ hari} = 0,0078 \text{ hari} \approx 11 \text{ menit.} \quad (2.2)$$

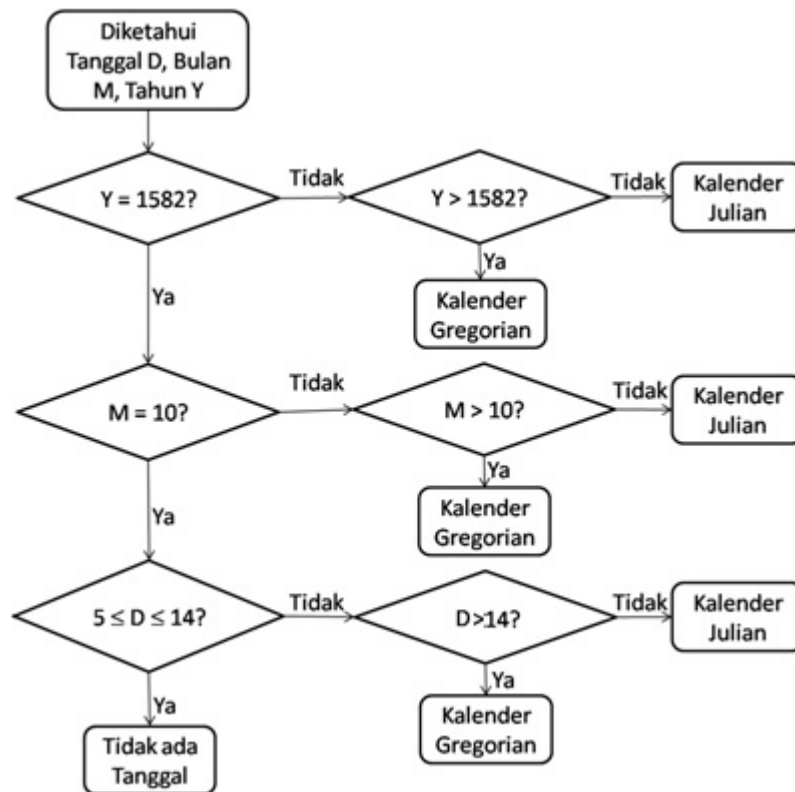
Selisih atau kesalahan 0,0078 hari/tahun atau 11 menit/tahun mungkin dianggap kecil. Namun karena selisih ini bersifat akumulatif, selisih ini akan menjadi satu hari dalam jangka waktu sekitar 128 tahun.

$$\frac{1 \text{ hari}}{0,0078 \text{ hari/tahun}} \approx 128 \text{ tahun.} \quad (2.3)$$

Kesalahan ini akan menjadi 1 hari per 128 tahun. Jadi dalam ratusan atau ribuan tahun, selisih ini menjadi signifikan hingga beberapa hari. Jika dihitung dari tahun 325 M (saat Konsili Nicaea menetapkan musim semi atau vernal ekuinoks jatuh pada 21 Maret) sampai dengan tahun 1582, terdapat selisih sekitar 10 hari.

$$(1582 - 325) \text{ tahun} \times \frac{1 \text{ hari}}{128 \text{ tahun}} = 9,8 \text{ hari} \approx 10 \text{ hari.} \quad (2.4)$$

Hal ini dibuktikan dengan musim semi pada tahun 1582 M, dimana vernal ekuinoks jatuh pada tanggal 11 Maret, bukan sekitar tanggal 21 Maret seperti biasanya. Karena itulah, saat kalender Gregorian ditetapkan, tanggal melompat sebanyak 10 hari. Tanggal setelah 4 Oktober 1582 bukan 5 Oktober tetapi 15 Oktober 1582. Diagram alir untuk menentukan apakah suatu tanggal termasuk ke dalam kalender Julian, Gregorian atau tidak ada tanggal (antara 5 – 14 Oktober 1582) terdapat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Diagram alir untuk menentukan suatu tanggal termasuk kalender Gregorian, Julian atau tidak ada tanggal

Dalam kalender Gregorian, panjang rata-rata satu tahun adalah 365,2425 hari. Angka ini diperoleh dari fakta bahwa dalam rentang waktu 400 tahun terdapat 97 tahun kabisat dan 303 tahun biasa.

$$365 + \frac{97}{400} = 365,2425. \quad (2.5)$$

Angka ini cukup dekat dengan rata-rata tahun tropis (*mean tropical year*) sebesar 365,2422 hari. Selisihnya dalam setahun adalah 0,0003 hari.

$$365,2425 \text{ hari} - 365,2422 \text{ hari} = 0,0003 \text{ hari}. \quad (2.6)$$

Ini berarti akan terjadi perbedaan satu hari setelah sekitar 3300 tahun.

$$\frac{0,0003 \text{ hari}}{1 \text{ tahun}} = \frac{1 \text{ hari}}{3300 \text{ tahun}} \quad (2.7)$$

Sebagai perbandingan, dalam kalender Islam aritmetika yang menggunakan peredaran bulan, rata-rata satu bulan sinodik adalah 29,530589 hari. Dalam kalender Islam secara aritmetik (bukan hasil observasi/rukyat atau hisab dengan kriteria tertentu), dalam 30 tahun (360 bulan) terdapat 11 tahun kabisat (355 hari) dan 19 tahun biasa (354 hari).

Dengan kata lain, dalam siklus 30 tahun kalender Islam aritmetika terdapat 10631 hari. Rata-rata hari dalam satu bulan adalah

$$\frac{11 \times 355 \text{ hari} + 19 \times 354 \text{ hari}}{360 \text{ bulan}} = \frac{10631}{360} = 29,530556 \text{ hari/bulan.} \quad (2.8)$$

Dengan demikian dalam satu bulan, selisih antara satu bulan sinodik (29,530589 hari) dengan satu bulan aritmetik (29,530556 hari) adalah

$$29,530589 \text{ hari} - 29,530556 \text{ hari} = 0,000033 \text{ hari.} \quad (2.9)$$

Selisih ini akan menjadi satu hari setelah kira-kira 30000 bulan atau 2500 tahun.

$$\frac{0,000033 \text{ hari}}{1 \text{ bulan}} = \frac{1 \text{ hari}}{30000 \text{ bulan}} = \frac{1 \text{ hari}}{2500 \text{ tahun}} \quad (2.10)$$

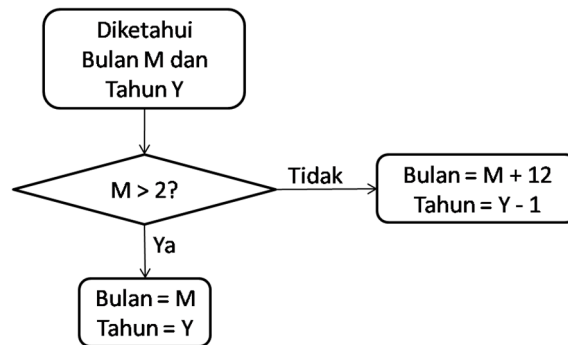
Adanya perubahan dari kalender Julian menjadi Gregorian dapat membuat kesulitan tersendiri untuk membandingkan peristiwa astronomis yang terpisah dalam jangka waktu cukup lama. Untuk mengatasi masalah ini, diperkenalkan Julian Day. Di beberapa referensi digunakan istilah Julian Date.

Julian Day (JD) didefinisikan sebagai banyaknya hari yang telah dilalui sejak hari Senin tanggal 1 Januari tahun 4713 SM (sebelum Masehi) pada pertengahan hari atau pukul 12:00:00 UT (Universal Time) atau GMT. Perlu diingat, tahun 4713 SM tersebut sama dengan tahun -4712.

2.2 Julian Day

Metode untuk menghitung Julian Day untuk tanggal (D) – bulan (M) – tahun (Y) Masehi tertentu disajikan berikut ini.

- Tahun Masehi adalah Y yang berbentuk bilangan bulat. Jika Y negatif, maka hal tersebut menunjukkan tahun sebelum Masehi (SM). Disini algoritma Julian Day berlaku pula untuk Y negatif asalkan $Y \geq -4712$.
- Nomor bulan Masehi adalah M , dimana $M = 1$ untuk Januari, $M = 2$ untuk Februari dan seterusnya, hingga $M = 12$ untuk Desember.
- Nomor hari/tanggal adalah D . Biasanya D berbentuk bilangan bulat positif yang berkaitan dengan waktu pukul 00:00:00 tengah malam. Namun D dapat pula berbentuk pecahan. Namun perlu diperhatikan bahwa nilai maksimal D harus menyesuaikan dengan bulan M . Sebagai contoh, jika $M = 4$ (April), maka nilai D maksimal sama dengan 30. Jika ditulis tanggal 31 bulan 4, maka hal ini sama dengan tanggal 1 bulan 5.
- Jika $M > 12$, M dan Y tidak berubah. Jika $M = 1$ atau 2, ganti M menjadi $M + 12$ dan Y menjadi $Y - 1$. Dengan kata lain, bulan Januari dan Februari dapat dianggap sebagai bulan ke 13 dan ke 14 dari tahun sebelumnya. Misalnya bulan Januari tahun 2016 dapat dianggap sebagai bulan ke 13 tahun 2015 ($M = 13$, $Y = 2015$). Lihat Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Diagram Alir untuk mengubah bulan M dan tahun Y

- Untuk kalender Gregorian, hitung

$$A = \text{INT}\left(\frac{Y}{100}\right) \text{ dan } B = 2 + \text{INT}\left(\frac{A}{4}\right) - A \quad (2.11)$$

- Untuk kalender Julian, A tidak perlu dihitung, sedangkan B = 0.
- Julian Day untuk tanggal D bulan M tahun Y dirumuskan sebagai

$$JD = 1720994,5 + \text{INT}(365,25Y) + \text{INT}(30,6001(M + 1)) + B + D. \quad (2.12)$$

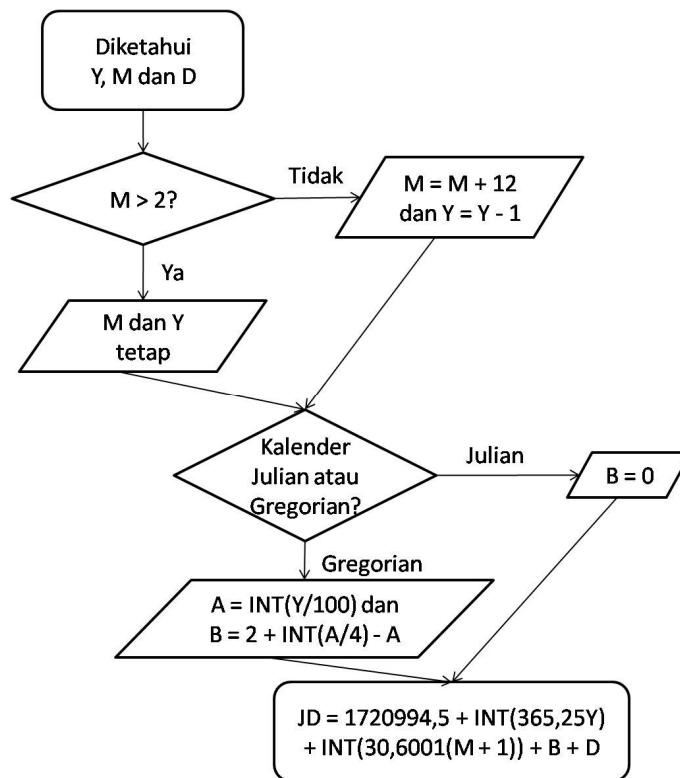
- Jika melibatkan waktu berupa jam - menit - detik, maka waktu tersebut dapat diubah menjadi pecahan hari. Karena 1 hari = 24 jam, 1 jam = 60 menit dan 1 menit = 60 detik sehingga 1 hari = 86400 detik, maka pecahan hari dirumuskan sebagai

$$\text{Pecahan hari} = \frac{3600 \times \text{jam} + 60 \times \text{menit} + \text{detik}}{86400}. \quad (2.13)$$

- Julian Day untuk tanggal D bulan M tahun Y dan waktu jam - menit - detik dirumuskan sebagai

$$JD = 1720994,5 + \text{INT}(365,25Y) + \text{INT}(30,6001(M + 1)) + B + D + \text{Pecahan hari}. \quad (2.14)$$

Diagram alir untuk menentukan JD disajikan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Diagram Alir untuk menentukan JD

Diberikan beberapa contoh JD berikut ini.

- JD 0 = 1 Januari –4712 pukul 12:00:00 UT = 1,5 Januari –4712 (karena pukul 12 menunjukkan 0,5 hari)
- JD 0,5 = 2 Januari –4712 pukul 00:00:00 UT atau cukup disingkat 2 Januari –4712
- JD 1 = 2,5 Januari –4712, dan seterusnya
- 4 Oktober 1582 M = JD 2299159,5
- 15 Oktober 1582 M = JD 2299160,5

Julian Day biasanya dikaitkan dengan waktu Universal (*Universal Time*, UT). Jika berkaitan dengan waktu dinamik / *Dynamical Time* (disingkat TD, bukan DT) atau *Ephemeris Time*, biasanya digunakan istilah *Julian Day*

Ephemeris (JDE). Algoritma untuk menentukan JDE sama dengan algoritma untuk menentukan JD. Sebagai contoh

- 17 Agustus 1945 UT = JD 2431684,5
- 27 September 1974 TD = JDE 2442317,5

Pemahaman terhadap Julian Day sangat penting. Julian Day menjadi syarat untuk menghitung posisi benda bulan, matahari dan planet-planet yang selanjutnya dipakai untuk menentukan bulan baru, waktu shalat dan lain-lain. Julian Day juga menjadi dasar untuk menentukan fenomena alam seperti menentukan kemiringan orbit rotasi bumi, menghitung kapan terjadinya ekuinoks dan solstice, dan sebagainya.

Metode menentukan Julian Day di atas dapat digunakan untuk tahun negatif, tetapi tidak untuk Julian Day negatif. Karena itu nilai Y tidak boleh lebih kecil daripada -4712 ($Y \geq -4712$).

Contoh soal : Hitunglah Julian Day untuk hari kemerdekaan RI tanggal 17 Agustus 1945.

Jawab :

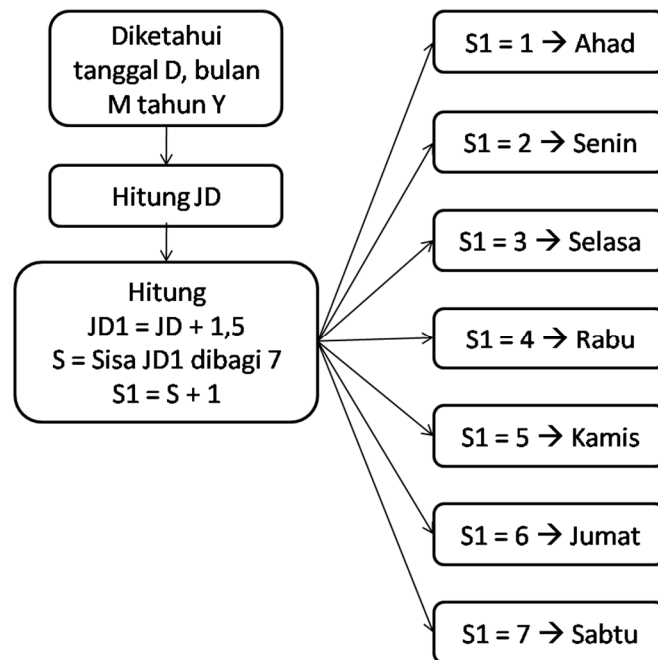
- $D = 17$. $M = 8$. $Y = 1945$. Kalender Gregorian.
- $A = \text{INT}(1945/100) = \text{INT}(19,45) = 19$.
- $B = 2 + \text{INT}(19/4) - 19 = 2 + \text{INT}(4,75) - 19 = 2 + 4 - 19 = -13$.
- $$\begin{aligned} \text{JD} &= 1720994,5 + \text{INT}(365,25 \times 1945) + \text{INT}(30,6001 \times 9) + (-13) + 17 \\ &= 1720994,5 + \text{INT}(710411,25) + \text{INT}(275,4009) + 4 \\ &= 1720994,5 + 710411 + 275 + 4 = 2431684,5. \end{aligned}$$
- 17 Agustus 1945 = JD 2431684,5.

Contoh soal : Bulan baru (*newmoon*) terjadi pada hari Sabtu, 1 Januari 2962 SM pukul 19:47:04 TD. Carilah JDE.

Jawab :

- Dari data asal diketahui $M = 1$ dan $Y = 2962$ Sebelum Masehi = -2961 . Termasuk ke dalam Kalender Julian.
- Karena itu M berubah menjadi $M = 1 + 12 = 13$ dan $Y = -2961 - 1 = -2962$.
- Pecahan hari = $(19 \times 3600 + 47 \times 60 + 4) / 86400 = 0,82435$.
- Kalender Julian maka $B = 0$.
- $JDE = 1720994,5 + \text{INT}(365,25 \times -2962) + \text{INT}(30,6001 \times 14) + 0 + 1 + 0,82435 = 1720994,5 - 1081871 + 428 + 1,82435 = 639553,32435$.
- 1 Januari 2962 SM pukul 19:47:04 TD = JDE 639553,32435.

Nama hari dapat ditentukan dengan mudah dengan menggunakan JD. Perlu diketahui, pergantian hari terjadi pada pukul 00:00:00 dimana JD mengandung angka xxxxxxxx,5. Tambahkan JD dengan 1,5, lalu dibagi 7. Sisanya ditambah 1 menunjukkan nomor hari, dimana nomor hari = 1 adalah hari Ahad, nomor hari 2 hari Senin, dan seterusnya hingga nomor hari 7 menunjukkan hari Sabtu. Jika JD mengandung pecahan hari (waktu tidak pukul 0) maka setelah ditambahkan dengan 1,5 maka diambil dulu nilai bilangan bulatnya. Baru setelah itu dibagi 7 dan sisanya ditambah 1 untuk menunjukkan nomor hari. Diagram alir untuk menentukan hari terdapat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Diagram alir untuk menentukan nama hari dari tanggal Masehi.

Contoh soal : Tentukan hari apakah tanggal 17 Agustus 1945.

Jawab :

- JD untuk tanggal 17 Agustus 1945 adalah 2431684,5.
- $JD + 1,5 = 2431686$.
- 2431686 dibagi 7 akan bersisa 5.
- Nomor hari = $5 + 1 = 6$.
- 17 Agustus 1945 adalah hari Jumat.

JD dapat pula digunakan untuk menentukan selang waktu antara dua tanggal.

Contoh soal : Tentukan selang waktu antara dua gerhana matahari total yang terjadi pada tanggal 11 Juli 2010 dan 13 Nopember 2012.

Jawab :

- JD untuk kedua tanggal tersebut masing–masing adalah 2455388,5 dan 2456244,5.
- Selisih antara tanggal 11 Juli 2010 dan 13 Nopember 2012 adalah 856 hari.

Jika paparan di atas adalah mengubah tanggal menjadi JD, maka kini akan disajikan sebaliknya. Metode untuk mengubah JD menjadi tanggal adalah sebagai berikut.

- $JD1 = JD + 0,5$.
- $Z = \text{INT}(JD1)$.
- $F = JD1 - Z$.
- Jika $Z < 2299161$, maka $A = Z$.
- Adapun jika $Z \geq 2299161$, hitunglah $AA = \text{INT}((Z - 1867216,25)/36524,25)$ dan $A = Z + 1 + AA - \text{INT}(AA/4)$.
- $B = A + 1524$.
- $C = \text{INT}((B - 122,1)/365,25)$.
- $D = \text{INT}(365,25 \times C)$.
- $E = \text{INT}((B - D)/30,6001)$.
- Tanggal (termasuk juga dalam bentuk desimal) dirumuskan sebagai

$$\text{Tanggal} = B - D - \text{INT}(30,6001 \times E) + F. \quad (2.15)$$

- Bulan M dapat dihitung sebagai berikut. Jika $E = 14$ atau 15 , maka

$$\text{Bulan } M = E - 13 = 1 \text{ atau } 2. \quad (2.16)$$

Jika $E < 14$ (dan disini pasti $E \geq 4$), maka

$$\text{Bulan } M = E - 1 \geq 3. \quad (2.17)$$

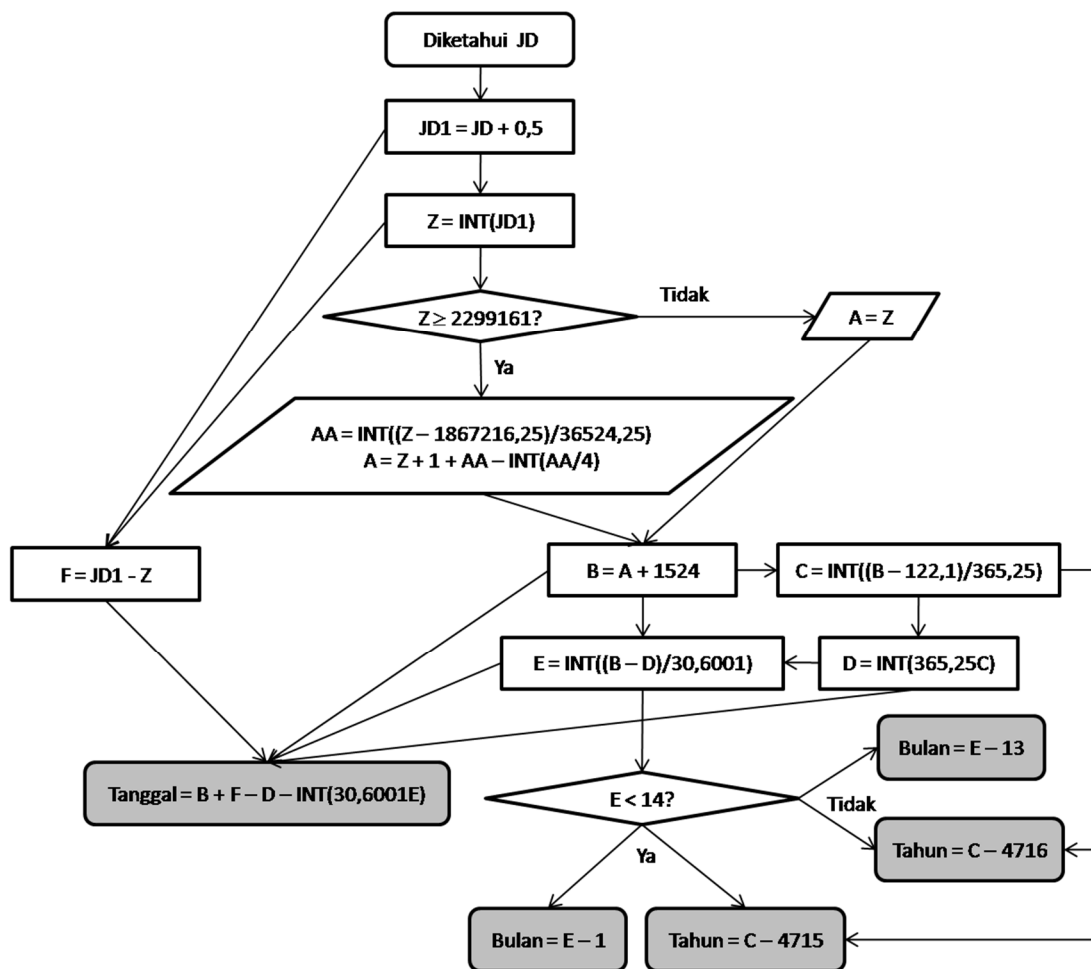
- Tahun Y dapat dihitung sebagai berikut. Jika Bulan $M = 1$ atau 2 , maka

$$\text{Tahun } Y = C - 4715. \quad (2.18)$$

Jika $M \geq 3$, maka

$$\text{Tahun } Y = C - 4716. \quad (2.19)$$

Diagram alir untuk mengubah JD menjadi tanggal, bulan dan tahun pada kalender Masehi disajikan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Diagram alir konversi dari Julian Day ke tanggal, bulan dan tahun Masehi

Contoh soal : Tentukan tanggal bulan dan tahun untuk $JD = 2457447,9505$.

Jawab :

- $JD1 = 2457448,4505$. $Z = 2457448$ dan $F = 0,4505$.
- Karena $Z > 2299161$ maka $AA = \text{INT}((2457448 - 1867216,25)/36524,25) = 16$.
- $A = 2457448 + 1 + 16 - \text{INT}(16/4) = 2457461$.
- $B = 2457461 + 1524 = 2458985$.
- $C = \text{INT}((2458985 - 122,1)/365,25) = 6731$.
- $D = \text{INT}(365,25 \times 6731) = 2458497$.
- $E = \text{INT}((2458985 - 2458497)/30,6001) = 15$.
- Tanggal = $2458985 - 2458497 - \text{INT}(30,6001 \times 15) + 0,4505 = 29,4505$.
- Angka desimal pada tanggal tersebut adalah 0,4505 hari yang jika dikonversikan ke dalam waktu menjadi pukul 10:48:43,2.
- Karena $E = 15$, maka Bulan $M = 15 - 13 = 2$ atau Februari.
- Karena $M = 2$, maka Tahun $Y = 6731 - 4715 = 2016$.
- Jadi $JD\ 2457447,9505 = 29\ \text{Februari}\ 2016\ \text{pukul}\ 10:48:43,2$.

Tanggal desimal dapat dikonversi ke dalam tanggal bulat ditambah waktu jam – menit – detik dengan cara sebagai berikut.

- Tanggal bulat = $\text{INT}(\text{Tanggal desimal})$
- Sisa tanggal = Tanggal desimal – tanggal bulat
- Jam desimal = Sisa tanggal $\times 24$
- Jam bulat = $\text{INT}(\text{Jam desimal})$
- Sisa jam = Jam desimal – jam bulat

- Menit desimal = Sisa jam \times 60
- Menit bulat = INT(Menit desimal)
- Sisa menit = menit desimal – menit bulat
- Detik = Sisa menit \times 60

Cara di atas dapat dibuat lebih singkat sebagai berikut.

- Tanggal bulat = INT(Tanggal desimal)
- Jam bulat = INT($24 \times (\text{Tanggal bulat} - \text{Tanggal desimal})$)
- Menit bulat = INT($1440 \times (\text{Tanggal bulat} - \text{Tanggal desimal}) - 60 \times \text{Jam bulat}$)
- Detik = $86400 \times (\text{Tanggal bulat} - \text{Tanggal desimal}) - 3600 \times \text{Jam Bulat} - 60 \times \text{Menit Bulat}$.

Sebagai tambahan kita dapat menentukan nama hari untuk kalender Masehi (Julian dan Gregorian) selama 2500 tahun sejak tanggal 1 Januari tahun 0 hingga 31 Desember 2499. Nama hari pada kalender Masehi dapat dicari dengan menggunakan tiga tabel di bawah ini, tanpa perlu menentukan nilai Julian Day terlebih dahulu. Metode ini merujuk pada *Astronomical Tables of the Sun, Moon and Planets* karya Jean Meeus dengan sedikit modifikasi.

Metode untuk menentukan hari dari kalender Masehi adalah sebagai berikut.

- Tentukan tahun, bulan dan tanggal, misalnya 1945 Agustus 17.
- Gunakan Gambar 2.9(a) untuk menentukan hasil perpotongan antara abad dengan sisa tahun. Misalnya untuk tahun 1945, perpotongan antara abad 19 dengan sisa tahun 45 menghasilkan C.

- Gunakan Gambar 2.9(b) untuk menentukan hasil perpotongan antara hasil Gambar 2.9(a) dengan bulan. Perpotongan antara C dengan Agustus menghasilkan DD.
- Gunakan Gambar 2.9(c) untuk menentukan hasil perpotongan antara hasil Gambar 2.9(b) dengan tanggal. Perpotongan antara DD dengan 17 menghasilkan Jumat. Kesimpulan: 1945 Agustus 17 = Jumat.

Keterangan tambahan:

- Pada tabel I terdapat abad 15J dan 15G. 15J berarti abad untuk kalender Julian sedangkan 15G untuk kalender Gregorian. Seperti diketahui, kalender Julian berakhir pada Kamis, 4 Oktober 1582, sedangkan keesokan harinya adalah kalender Gregorian hari tanggal 15 Oktober 1582. Tidak ada tanggal antara 5 – 14 Oktober 1582. Untuk membedakan antara 15J dengan 15G adalah sebagai berikut. Sejak 1 Januari 1500 hingga 4 Oktober 1582, gunakan 15J. Sementara sejak 15 Oktober 1582 hingga 31 Desember 1599, gunakan 15G.
- Contoh: 1539 Mei 22. Perpotongan 15J dengan 39 menghasilkan E. Perpotongan E dengan Mei menghasilkan EE. Perpotongan EE dengan 22 menghasilkan Kamis. Hasil: 22 Mei 1539 = Kamis.
- Contoh: 1582 Oktober 16. Perpotongan 15G dengan 82 menghasilkan G. Perpotongan G dengan Oktober menghasilkan FF. Perpotongan FF dengan 16 menghasilkan Sabtu. Hasil: 16 Oktober 1582 = Sabtu.
- Pada Gambar 2.9(b) terdapat bulan Januari, Januari (K), Februari dan Februari (K). Huruf K ini menunjukkan kabisat. Gunakan Jan atau Feb

untuk bulan Januari atau Februari pada tahun biasa, serta Jan(K) atau Feb (K) untuk bulan Januari atau Februari pada tahun kabisat.

- Contoh: 2016 Januari 1. Tahun 2016 adalah tahun kabisat, maka gunakan Jan (K). Perpotongan 20 dan 16 menghasilkan A. Perpotongan A dan Jan(K) menghasilkan FF. Perpotongan FF dan 1 menghasilkan Jumat. Hasil: 1 Januari 2016 = Jumat.
- Contoh: 1900 Februari 28. Tahun 1900 dalam kalender Gregorian bukan tahun kabisat, karena 1900 habis dibagi 100 tetapi tidak habis dibagi 400, sehingga gunakan Feb bukan Feb (K). Perpotongan 19 dan 00 menghasilkan C. Perpotongan C dan Feb menghasilkan EE. Perpotongan EE dan 28 menghasilkan Rabu. Hasil: 28 Februari 1900 = Rabu.
- Contoh: 300 Februari 20. Tahun 300 dalam kalender Julian termasuk tahun kabisat karena 300 habis dibagi 4, sehingga gunakan Feb (K). Perpotongan 3 dan 00 menghasilkan D. Perpotongan D dan Feb(K) menghasilkan EE. Perpotongan EE dan 20 menghasilkan Selasa. Hasil: 20 Februari 300 = Selasa.

					Sisa Tahun						
					00	01	02	03	-	04	05
					06	07	-	08	09	10	11
					-	12	13	14	15	-	16
					17	18	19	-	20	21	22
					23	-	24	25	26	27	-
					28	29	30	31	-	32	33
					34	35	-	36	37	38	39
					-	40	41	42	43	-	44
					45	46	47	-	48	49	50
					51	-	52	53	54	55	-
					56	57	58	59	-	60	61
					62	63	-	64	65	66	67
					-	68	69	70	71	-	72
					73	74	75	-	76	77	78
					79	-	80	81	82	83	-
					84	85	86	87	-	88	89
					90	91	-	92	93	94	95
					-	96	97	98	99		
Abad											
0	7	14	17	21	G	A	B	C	D	E	F
1	8	15J			F	G	A	B	C	D	E
2	9		18	22	E	F	G	A	B	C	D
3	10				D	E	F	G	A	B	C
4	11	15G	19	23	C	D	E	F	G	A	B
5	12	16	20	24	B	C	D	E	F	G	A
6	13				A	B	C	D	E	F	G

Gambar 2.9(a) Perpotongan Abad dengan Sisa Tahun menghasilkan

A, B, C, D, E, F atau G.

Bulan							
	Jan (K)	Jan		Feb (K)	Feb Maret		
	April Juli		Mei			Juni	
		Okt		Agts	Nop		Sept Des
A	FF	GG	AA	BB	CC	DD	EE
B	GG	AA	BB	CC	DD	EE	FF
C	AA	BB	CC	DD	EE	FF	GG
D	BB	CC	DD	EE	FF	GG	AA
E	CC	DD	EE	FF	GG	AA	BB
F	DD	EE	FF	GG	AA	BB	CC
G	EE	FF	GG	AA	BB	CC	DD

Gambar 2.9 (b) Perpotongan antara Hasil Gambar 2.9 (a) (A, B, C, D, E, F, G)

dengan Bulan menghasilkan AA, BB, CC, DD, EE, FF atau GG.

	Tanggal						
	1	2	3	4	5	6	7
	8	9	10	11	12	13	14
	15	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25	26	27	28
	29	30	31				
AA	Ahad	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
BB	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Ahad
CC	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Ahad	Senin
DD	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Ahad	Senin	Selasa
EE	Kamis	Jumat	Sabtu	Ahad	Senin	Selasa	Rabu
FF	Jumat	Sabtu	Ahad	Senin	Selasa	Rabu	Kamis
GG	Sabtu	Ahad	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat

Gambar 2.9(c) Perpotongan antara Hasil Gambar 2.9(b) (AA, BB, CC, DD, EE, FF, GG) dengan Tanggal (1 sampai dengan 31) menghasilkan nama Hari.

2.3 Kalender Islam Aritmetika

Kalender Islam yang disajikan disini adalah menurut perhitungan matematika/aritmetika, bukan berdasarkan observasi atau perhitungan posisi bulan dan matahari dengan kriteria tertentu. Karena itu, mungkin saja terjadi perbedaan satu hari, antara kalender Islam secara aritmetika, dengan kalender Islam yang disusun berdasarkan kriteria hisab tertentu.

Kalender Islam bisa pula disebut sebagai kalender Hijriyah, karena kalender Islam ini menjadikan hijrah (perpindahan) Nabi Muhammad SAW dari Mekkah ke Madinah sebagai patokan. Tanggal 1 bulan 1 tahun 1 disepakati sama dengan Jumat, 16 Juli 622 M.

Kalender Islam aritmetika adalah kalender yang disusun berdasarkan lama rata-rata satu bulan sinodik yaitu 29,530589 hari atau 29 hari 12 jam 44 menit 2,9

detik. Rata-rata ini sedikit lebih besar daripada 29,5 hari. Angka 29,5 hari adalah nilai tengah dari 29 dan 30. Jadi kalender Islam secara aritmetik disusun dengan cara menetapkan jumlah hari dalam satu bulan Islam sebesar 30 dan 29 hari secara bergantian.

- Bulan 1: Muharram 30 hari
- Bulan 2: Shafar 29 hari
- Bulan 3: Rabi'ul Awwal 30 hari
- Bulan 4: Rabi'ul Akhir 29 hari
- Bulan 5: Jumadil Awwal 30 hari
- Bulan 6: Jumadil Akhir 29 hari
- Bulan 7: Rajab 30 hari
- Bulan 8: Sya'ban 29 hari
- Bulan 9: Ramadhan 30 hari
- Bulan 10: Syawwal 29 hari
- Bulan 11: Dzulqa'dah 30 hari
- Bulan 12: Dzulhijjah 29 (30) hari

Khusus untuk bulan Dzulhijjah, jumlah hari bisa berjumlah 29 atau 30, sebagai kompensasi rata-rata lama satu bulan sinodik yang sedikit lebih besar dari 29,5 hari. Jika Dzulhijjah 29 hari, maka tahun itu bukan tahun kabisat, mengandung 354 hari. Jika bulan Dzulhijjah berisi 30 hari, maka tahun itu disebut tahun kabisat yang mengandung 355 hari. Dalam rentang 30 tahun Islam, terdapat 11 tahun kabisat yaitu pada tahun 2, 5, 7, 10, 13, 16, 18, 21, 24, 26, 29. Berarti dalam rentang 30 tahun (atau 360 bulan), banyaknya hari adalah

$$30 \times 354 + 11 = 10631 \text{ hari.} \quad (2.20)$$

Rata-rata satu bulan adalah sama dengan

$$\frac{10631}{360} = 29,530556 \text{ hari.} \quad (2.21)$$

Angka ini sangat dekat dengan rata-rata satu bulan sinodik yaitu 29,530589 hari.

Dalam satu bulan, Selisih antara rata-rata satu bulan di atas dengan rata-rata satu bulan sinodik adalah

$$29,530589 - 29,530556 = 0,000033 \text{ hari/bulan} \quad (2.22)$$

atau menjadi sama dengan 1 hari dalam sekitar 30.000 bulan (2500 tahun).

$$0,000033 \text{ hari/bulan} = \frac{1 \text{ hari}}{30000 \text{ bulan}}. \quad (2.23)$$

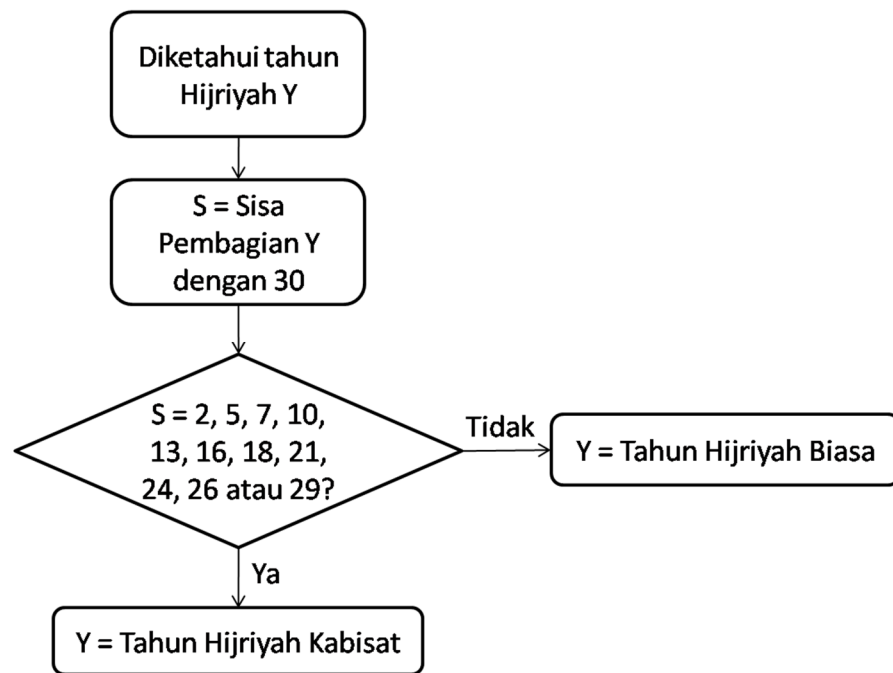
Selisih ini sangat kecil. Hingga saat ini, tahun Islam masih sekitar 1400-an, sehingga belum perlu untuk dilakukan koreksi.

Cara menentukan apakah suatu tahun Islam termasuk tahun kabisat Islam sebagai berikut.

- $Y =$ tahun Islam
- Bagilah suatu tahun Islam dengan 30, lalu ambil sisanya. Jika sisanya sama dengan angka

2, 5, 7, 10, 13, 16, 18, 21, 24, 26 atau 29,

maka termasuk tahun kabisat Islam.



Gambar 2.10 Diagram Alir untuk menentukan Tahun Hijriyah kabisat atau biasa

Contohnya tahun 1431 H. Angka 1431 dibagi 30 adalah 47 bersisa 21. $(1431 = 30 \times 47 + 21)$ Karena bersisa 21, berarti 1431 H tahun kabisat. Contoh lain, tahun 914 H bukan tahun kabisat, karena 914 dibagi 30 bersisa 14.

Sisa pembagian untuk tahun kabisat berupa angka 2, 5, 7 dan seterusnya dapat pula dinyatakan sebagai berikut. Algoritma tahun hijriyah kabisat juga bisa dinyatakan dalam algoritma berikut.

- Tahun Hijriyah = Y
- $S = \text{MOD}(Y; 30) = \text{Sisa Pembagian } Y \text{ dengan } 30$
- $T = \text{Sisa Pembagian } 0,37 \times S + 0,43 \text{ dengan } 1, \text{ atau dituliskan}$

$$T = \text{MOD}(0,37 \times S + 0,43; 1)$$
- $U = \text{INT}(1,36 - T)$
- Jika $U = 1$, maka $Y = \text{Tahun Hijriyah Kabisat}$

- Jika $U = 0$, maka $Y = \text{Tahun Hijriyah Biasa}$

Algoritma yang lebih ringkas dapat dinyatakan sebagai berikut.

- Tahun Hijriyah = Y
- $U = \text{INT}\left(\frac{136 - \text{MOD}(37 \times \text{MOD}(Y; 30) + 43; 100)}{100}\right)$
- Jika $U = 1$, maka $Y = \text{Tahun Hijriyah Kabisat}$
- Jika $U = 0$, maka $Y = \text{Tahun Hijriyah Biasa}$

Contoh:

- $Y = 1431 \text{ H}$
- $S = \text{MOD}(1431; 30) = 21$
- $T = \text{MOD}(0,37 \times 21 + 0,43; 1) = \text{MOD}(8,2; 1) = 0,2$
- $U = \text{INT}(1,36 - 0,2) = \text{INT}(1,16) = 1$
- $1431 \text{ H} = \text{Tahun Hijriyah Kabisat}$

Contoh:

- $Y = 1437 \text{ H}$
- $S = \text{MOD}(1437; 30) = 27.$
- $T = \text{MOD}(0,37 \times 27 + 0,43; 1) = \text{MOD}(10,42; 1) = 0,42.$
- $U = \text{INT}(1,36 - 0,42) = \text{INT}(0,94) = 0.$
- $1437 \text{ H} = \text{Tahun Hijriyah Biasa}$

File MS Excel untuk menentukan suatu tahun Hijriyah termasuk kabisat atau biasa dalam kalender Islam aritmetika adalah

Ada beberapa catatan mengenai kalender Islam secara aritmetik ini.

1. Kalender Islam aritmetik ini hanyalah disusun berdasarkan perhitungan aritmetika, bukan berdasarkan observasi/rukyaat atau hisab dengan kriteria tertentu. Kalender ini digunakan untuk keperluan sipil sehari-hari atau administrasi, seperti halnya kalender Ummul Qura yang berlaku di Arab Saudi. Adapun untuk keperluan ibadah (puasa Ramadhan, Iedul Fitri, Iedul Adha), maka biasanya dilakukan observasi hilal atau penentuan melalui hisab dengan kriteria tertentu.
2. Sangat mungkin perbedaan tanggal sebesar satu hari antara sistem kalender Islam aritmetik ini jika dibandingkan dengan hasil observasi hilal maupun hisab dengan kriteria tertentu. Sebagai perbandingan, metode konversi Islam – Masehi pada software Accurate Times buatan Muhammad Odeh (Yordania) juga menyatakan “*Date Corversion is NOT based on Crescent Visibility. One-day difference is possible.*”
3. Alasan lain yang memungkinkan terjadinya perbedaan adalah sistem ini ditetapkan sama untuk seluruh dunia. Atau dengan kata lain, kalender Islam aritmetik menganut sistem 1 hari = 1 tanggal Masehi = 1 tanggal Islam. Padahal, jika awal bulan Islam menggunakan kriteria lokal (baik rukyaat maupun hisab dengan kriteria tertentu) boleh jadi di 2 tempat yang sangat berjauhan, 1 tanggal Masehi menghasilkan dua tanggal Hijriyah yang berbeda. Misalnya, tanggal 17 Februari 1980 adalah 1 Rabi’uts Tsani

1400 H di Los Angeles tetapi di Jakarta masih 30 Rabi'ul Awwal 1400 H. Ini disebabkan, pada tanggal 16 Februari 1980 saat matahari terbenam, hilal memungkinkan untuk dilihat di Los Angeles, tetapi tidak mungkin dilihat di Jakarta.

4. Dalam susunan kalender Islam aritmetik ini, bulan ganjil selalu 30 hari, dan bulan genap selalu 29 hari (kecuali bulan 12 untuk tahun kabisat). Sudah tentu dalam realitasnya berdasarkan observasi hilal maupun hisab dengan kriteria tertentu, bulan ganjil bisa pula 29 hari sedangkan bulan ganjil bisa pula 30 hari. Tetapi tidak mungkin 28 atau 31 hari. Bisa terjadi pula dalam realitasnya dua bulan atau bahkan tiga bulan berturut-turut, umur bulan Islam sebesar 29 atau 30 hari.

5. Disini urutan tahun kabisat adalah sisa angka sebesar

- 2, 5, 7, 10, 13, 16, 18, 21, 24, 26, 29.

Urutan ini adalah urutan yang paling sering digunakan. Sebagai tambahan, ada pula variasi urutan tahun kabisat lainnya, seperti:

- 2, 5, 7, 10, 13, 15, 18, 21, 24, 26, 29.
- 2, 5, 8, 10, 13, 16, 19, 21, 24, 27, 29.
- 2, 5, 8, 11, 13, 16, 19, 21, 24, 27, 30.

Berikut ini akan disajikan metode konversi Islam – Masehi atau sebaliknya. Pemahaman terhadap Julian Day akan sangat membantu. Tanggal pertama (1 Muharram 1 H) adalah 16 Juli 622 M, dimana $JD = 1948439,5$ sehingga “tanggal nol” (patokan atau *epoch*) bersesuaian dengan $JD = 1948438,5$. Karena itu tanggal Islam tertentu menunjukkan selisih hari dengan $JD 1948438,5$.

Metode konversi dari kalender Masehi ke Hijriyah adalah sebagai berikut.

- Misalnya diketahui tanggal D bulan M tahun Y kalender Masehi.
- Dari tanggal bulan tahun tersebut, hitung nilai JD.
- Selisih hari = $A = JD - 1948438,5$.
- Banyaknya Kelipatan 30 tahun = $B = \text{INT}\left(\frac{A-1}{10631}\right)$.
- Banyaknya tahun kelipatan 30 = $C = 30 \times B$.
- Sisa hari pertama = $D = A - (10631 \times B)$.
- Tambahan tahun = $E = \text{INT}\left(\frac{D-0,46}{354,367}\right)$.
- Sisa hari kedua = $F = D - (354 \times E) - \text{INT}((0,37 \times E) + 0,43)$.
- Bulan yang utuh dilalui = $G = \text{INT}\left(\frac{F-0,7}{29,53}\right)$.
- Banyaknya hari bulan sebelumnya = $H = \text{INT}((29,5 \times G) + 0,5)$.
- Sisa hari ketiga = $J = F - H$.

Diperoleh jawaban:

- Tanggal Islam = J .
- Bulan Islam = $G + 1$.
- Tahun Islam = $C + E + 1$.

Contoh: Tentukan konversi ke tanggal Hijriyah untuk tanggal 17 Agustus 1945.

- JD untuk tanggal 17 Agustus 1945 adalah 2431684,5.
- $A = 2431684,5 - 1948438,5 = 483246$.

- $B = \text{INT}\left(\frac{483246-1}{10631}\right) = \text{INT}(45,456) = 45.$
- $C = 30 \times 45 = 1350.$
- $D = 483246 - (10631 \times 45) = 483246 - 478395 = 4851.$
- $E = \text{INT}\left(\frac{4851-0,46}{354,367}\right) = \text{INT}(13,688) = 13.$
- $F = 4851 - (354 \times 13) - \text{INT}((0,37 \times 13) + 0,43) = 4851 - 4602 - \text{INT}(5,24) = 249 - 5 = 244.$
- $G = \text{INT}\left(\frac{244-0,7}{29,53}\right) = \text{INT}(8,239) = 8.$
- $H = \text{INT}((29,5 \times 8) + 0,5) = \text{INT}(236,5) = 236.$
- $J = 244 - 236 = 8.$
- Tanggal Islam = 8.
- Bulan Islam = $8 + 1 = 9.$
- Tahun Islam = $1350 + 13 + 1 = 1364.$
- Kesimpulan: 17 Agustus 1945 M = 8 Ramadhan 1364 H.

Metode konversi dari kalender Hijriyah ke kalender Masehi adalah sebagai berikut.

- Misalnya diketahui tanggal DH bulan MH tahun YH kalender Hijriyah.
- Tahun Hijriyah yang utuh dilalui = $K = YH - 1.$
- Kelipatan 30 tahun yang utuh = $L = \text{INT}(K/30).$
- Sisa tahun yang utuh = $M = K - (30 \times L).$

- Jumlah tahun kabisat dalam sisa tahun yang utuh $= N = \text{INT}((0,37 \times M) + 0,43)$.
- Banyaknya hari kelipatan 30 tahun $P = 10631 \times L$.
- Banyaknya hari sisa tahun yang utuh $R = (354 \times M) + N$.
- Banyaknya hari pada tahun yang berjalan $S = DH + (30 \times (MH - 1)) - \text{INT}(0,5 \times (MH - 1))$
- Total hari $= T = P + R + S$.
- Julian Day $= JD = T + 1948438,5$.
- Dari JD tersebut dapat dikonversi ke dalam tanggal, bulan dan tahun Masehi.

Contoh: Tentukan konversi ke tanggal Masehi untuk 8 – 9 – 1364 H.

- $K = 1364 - 1 = 1363$
- $L = \text{INT}(1363/30) = \text{INT}(45,433) = 45$
- $M = 1363 - (30 \times 45) = 1363 - 1350 = 13$.
- $N = \text{INT}((0,37 \times 13) + 0,43) = \text{INT}(5,24) = 5$.
- $P = 10631 \times 35 = 478395$.
- $R = 354 \times 13 + 5 = 4607$.
- $S = 8 + (30 \times (9 - 1)) - \text{INT}(0,5 \times (9 - 1)) = 8 + 240 - \text{INT}(4) = 248 - 4 = 244$.
- $T = 478395 + 4607 + 244 = 483246$.
- $JD = 483246 + 1948438,5 = 2431684,5$.
- Kesimpulan: 8 – 9 – 1364 H = JD 2431684,5 = 17 Agustus 1945 M.