

## REKABENTUK DAN PEMBANGUNAN ALMANAK BERDASARKAN EPOK J2000.0

Kamaluddin Hj. Omar  
Mustafa Din Subari  
Tan Eng Liang

Ofis Almanak  
Fakulti Kejuruteraan dan Sains Geoinformasi  
Universiti Teknologi Malaysia  
Skudai

### Abstrak

Penggunaan almanak astronomi adalah penting dalam kerja Ukur Tanah, Astronomi dan Falak Syarie. Almanak terbitan negara Malaysia yang sedia ada seperti Almanak Ukur Malaysia dan Almanak Falak Syarie, masih berdasarkan kepada epok piawai J1950 untuk perhitungan efemeris matahari. Data-data untuk efemeris matahari dan R telah dihitung menggunakan Jadual Matahari Newcomb (1895), Teori Egahan Woolard (1953) dan Sistem Tetapan Astronomi IAU (1964). Efemeris bulan pula dihitung menggunakan Persamaan E. W. Brown yang diringkaskan. Sejak 1984 almanak keluaran luar negara seperti The Star Almanac for Land Surveyors, Astronomical Almanac dan sebagainya telah menggunakan epok piawai J2000 sebagai epok rujukan. Dengan ini almanak yang sedia ada perlu dipertingkatkan kepada epok J2000. Satu perisian dibangunkan bagi menghitung almanak berdasarkan epok J2000. Efemeris matahari almanak ini dihitung menggunakan modifikasi Teori Newcomb iaitu Jadual Matahari Newcomb (1898), Teori Egahan IAU 1980 dan Sistem Tetapan Astronomi IAU (1976). Efemeris bulan pula telah dihitung menggunakan persamaan penuh E. W. Brown. Perisian bagi menghitung efemeris matahari dan bulan dilaksanakan dengan aturcara komputer FORTRAN Visual Workbench Ver 1.0. Keputusan hasil hitungan dibandingkan dengan beberapa almanak sedia ada. Analisa hasil hitungan menunjukkan almanak yang baru ini dapat menghasilkan data efemeris dalam toleransi kejituan yang dijangkakan.

### 1.0 PENGENALAN

Fenomena-fenomena astronomi telah memainkan peranan yang penting dalam tamadun manusia. Manusia menerapkan fenomena ini dalam budaya, agama, kepercayaan dan mitologi. Fenomena astronomi seperti peredaran matahari, bulan dan bintang juga memainkan peranan penting dalam kehidupan manusia moden. Ia digunakan dalam navigasi, penentuan masa, pembentukan kalader dan astrologi. Astronomi juga mempunyai kaitan yang rapat dengan sains pengukuran dan pemetaan dimana matahari dan bintang sebagai rujukan semulajadi untuk penentududukan, menghubungkan geoid dan elipsoid rujukan dan penentuan orientasi suatu garisan. Melihat kepada kepentingan-kepentingan ini maka telah wujud berbagai bentuk rekod mengenai kedudukan jasad-jasad samawi untuk memenuhi keperluan berbagai bidang sains (A. Hamid, 1990).

Ofis Almanak, Fakulti Kejuruteraan dan Sains Geoinformasi, Universiti Teknologi Malaysia telah membina dan menerbitkan almanak astronomi yang dikenali sebagai *Almanak Ukur Malaysia* (AUM) sejak tahun 1989. Elemen orbit serta kedudukan matahari yang terkandung di dalam AUM diberikan

dalam sistem rujukan astronomi J1950. Data-data efemeris matahari dan R telah dihitung menggunakan Jadual Matahari Newcomb (1895), Teori Egahan Woolard (1953) dan Sistem Tetapan Astronomi IAU (1964) (M. Hanifa, 1982). Efemeris bulan pula hanya dihitung menggunakan Persamaan E. W. Brown yang diringkaskan (Mustafa, 1989).

Bagi meningkatkan kualiti dan kejituan data-data yang dijadualkan, satu perisian bagi baru telah dibentuk dengan mengambil kira model-model hitungan yang lebih baik serta menggunakan data-data dari epok rujukan J2000. Kertas ini melapurkan pembentukan perisian tersebut serta analisa ketepatan hitungannya dengan membandingkan kepada beberapa almanak semasa.

## 2.0 EPOK RUJUKAN J2000

Didalam sistem penentuan angkasa, rujukan utama yang digunakan ialah vektor paksi kutub bumi dan vektor paksi ekliptik. Persilangan pertama antara satah ekliptik dan satah khatulistiwa dipanggil *Titik Hamal Awal* (First Point of Aries,  $\gamma$ ). Kedudukan objek-objek samawi dalam sistem rujukan samawi diberikan oleh parameter-parameter Jarak Hamal (R.A) dan Deklinasi ( $\delta$ ). R.A ialah jarak yang diukur dari  $\gamma$  ke objek melalui satah khatulistiwa pada arah gerakan matahari dalam orbitnya, manakala  $\delta$  pula ialah ketinggian suatu objek dari satah khatulistiwa, yang diukur sepanjang bulatan ko-latitud. Kedudukan kedua-dua vektor di atas sentiasa berubah disebabkan oleh kesan egahan dan liukan (precession and nutation). Ini menyebabkan perubahan kepada kecondongan satah khatulistiwa dan juga kedudukan  $\gamma$ . Perubahan-perubahan ini memberi kesan terhadap perubahan nilai  $\gamma$  dan  $\delta$  bagi objek-objek samawi selain dari perubahan disebabkan oleh sistem peredaran objek itu sendiri (Mueller, 1969).

Pencerapan kedudukan relatif antara paksi kutub dan ekliptik (melalui cerapan bintang) memberikan fakta yang jelas mengenai teori egahan dan liukan. Pakar-pakar astronomi telah merumuskan teori tersebut dengan jitu dan dengan itu telah menetapkan sistem rujukan samawi pada epok-epok tertentu. Pada masa ini epok rujukan J2000 telah diambil dan diguna pakai bagi menggantikan epok rujukan yang terdahulu iaitu J1950. Epok J2000.0 didefinisikan pada hari 1.5 *Waktu Dinamik Barisentrik* (TDB), bulan Januari tahun 2000 (Illinworth, 1984). Sistem rujukan samawi pada ketika-ketika lain boleh dihitung melalui nilai-nilai tetapan bagi rumus egahan dan liukan yang diterbitkan oleh *International Astronomical Union* (IAU).

## 3.0 PEMBANGUNAN PERISIAN ALMANAK J2000

Model matematik utama yang digunakan bagi menghasilkan efemeris matahari adalah dari *Naval Observatory Vector Astrometry Subroutines* (NOVAS), United States Naval Observatory, USA iaitu subrutin SOLSYS Version 3. Subrutin ini menggunakan modifikasi Teori Newcomb iaitu Jadual Matahari Newcomb (1898). Efemeris bulan pula menggunakan persamaan penuh E. W. Brown. Transformasi kedudukan objek samawi kepada sistem rujukan berdasarkan epok J2000 dilakukan dengan menggunakan *Teori Egahan IAU 1980* dan *Sistem Tetapan Astronomi IAU 1976*.

Perisian *Almanak J2000* atau AJ2000 telah dibina dalam bahasa FORTRAN dengan menggunakan kompiler *FORTRAN Visual Workbench V. 1.00*, (Copyright 1993 Microsoft Corporation) dan perisian ini berfungsi dalam sistem DOS (Disk Operating System). AJ2000 akan memberi hasil efemeris matahari, efemeris bulan, waktu ijtihak dan elemen matrik egahan dan liukan. Almanak ini memberikan data efemeris matahari dalam format AUM yang baru (AUM1997). Manakala efemeris bulan dijadualkan



#### 4.0 ANALISA KEJITUAN AJ2000

Tahap kejituan yang dicapai oleh perisian AJ2000 telah dianalisa dengan membuat perbandingan dengan beberapa almanak yang sedia ada di pasaran pada masa ini iaitu *Astronomical Almanac* (AA), *The Star Almanac For Land Surveyors* (SALS), *The Nautical Almanac* (NA), AUM dan AFS. Sebanyak empat set sampel data efemeris bagi setiap bulan yang dihasilkan oleh perisian AJ2000, iaitu bagi hari pertama, ke 8, ke 15 dan ke 24 dari tahun 1993, 1994, 1995 dan 1996 telah dibandingkan dengan data-data efemeris yang ambil dari almanak-almanak di atas.

Nilai-nilai *Root Mean Square* (RMS) bagi perbezaan data-data efemeris hasil dari perbandingan di atas diberikan di dalam Jadual 1. Dari perbandingan dengan AA, nilai RMS bagi beza R.A adalah  $\pm 0.02s$  dan manakala beza  $\delta$  adalah  $\pm 0.1''$ . Hasil perbandingan dengan SALS bagi  $\delta$ , E dan R memberikan nilai RMS masing-masing  $\pm 2.1''$ ,  $\pm 0.06s$  dan  $\pm 0.18s$ . Nilai RMS bagi perbandingan dengan AUM bagi  $\delta$  adalah  $\pm 1.0''$ , R adalah  $\pm 0.08s$  dan E adalah  $\pm 0.15s$ .

Dari perbandingan di atas, data efemeris matahari dari AJ2000 hampir menyamai nilai-nilai dari AA dengan nilai perbezaan yang sangat kecil. Perbandingan dengan SALS pula menunjukkan bahawa nilai RMS bagi  $\delta$  sebanyak  $\pm 2.1''$  adalah dalam lingkungan had penjadualan nilai tersebut kerana SALS hanya memberikan  $\delta$  kepada 0.1' atau 6" yang hampir.

Bagi efemeris bulan, perbandingan dibuat dengan AA dan AFS dan hasilnya ditunjukkan pada Jadual 2. Nilai RMS bagi R.A adalah  $\pm 2.78s$  dan  $\delta$  adalah  $\pm 15.9''$ . Perbezaan yang agak ketara ini disebabkan oleh perbezaan didalam penggunaan model sistem gerakan. AJ2000 adalah dari persamaan E. W. Brown manakala perhitungan AA adalah hasil tentudalaman dari pengkalan data DE200/LE200 yang dihasilkan dari kaedah integrasi numerikal bagi orbit bulan.

Secara keseluruhan boleh dikatakan perisian AJ2000 dapat menghitung nilai-nilai efemeris matahari dan bulan yang jitu, setanding dengan almanak-almanak sedia ada.

Kuantiti	AJ2000-AA	AJ2000-SALS	AJ2000-AUM
i. Jarak Hamal	$\pm 0.02s$	-	-
ii. Deklinasi	$\pm 0.1''$	$\pm 2.1''$	$\pm 1.0''$
iii. R	-	$\pm 0.06s$	$\pm 0.08s$
iv. E	-	$\pm 0.18s$	$\pm 0.15s$

Jadual 1 : RMS Perbandingan Efemeris Matahari

Kuantiti	AJ2000-AA
i. Jarak Hamal	$\pm 2.78s$
ii. Deklinasi	$\pm 15.9''$

Jadual 2 : Hasil RMS Maksima Perbandingan Efemeris Bulan

## 5.0 KESIMPULAN

Ofis Almanak, Fakulti Kejuruteraan dan Sains Geoinformasi, Universiti Teknologi Malaysia, telah menerajui penerbitan almanak di Malaysia. Bermula dari tahun 1989 dengan AUM dan 1992 dengan AFS, kini Ofis Almanak telah mengeluarkan satu lagi almanak yang berasaskan epok piawai J2000, yang dikenali sebagai Almanak J2000 (AJ2000).

Berdasarkan kepada hasil analisa yang telah dibuat, didapati bahawa hasil hitungan efemeris matahari dan bulan dalam AJ2000 adalah lebih baik daripada AUM dan AFS. Daripada analisa kejituan telah dibuat juga didapati AJ2000 setanding dengan almanak-almanak lain terbitan luar negara. Ini seharusnya dapat menghilangkan sebarang keraguan terhadap penggunaan almanak-almanak tempatan, berbanding dengan almanak-almanak terbitan luar negara.

## PENGHARGAAN

Penulis berterima kasih-kepada En. Mohamad Saupi Bin Che Awang diatas kerjasama dalam kajian ini.

## RUJUKAN

Abdul Hamid bin Mohd. Tahir (1990). *Unsur-Unsur Astronomi Praktik Untuk Kegunaan Ukur Tanah*. Skudai : Unit Penerbitan Akademik Universiti Teknologi Malaysia.

Illingworth, V (1984). *Macmillan Dictionary Of Astronomy*. (2<sup>nd</sup>). London ; The Macmillan Press LTD.

Mohd Hanifa K. Abdul Hamid (1982). *The Preparation Of The Star Almanac*. Projek Sarjana Muda, Universiti Teknologi Malaysia, Johor.

Mueller I. Ivan (1969). *Spherical And Practical Astronomy As Applied To Geodesy*, (2<sup>nd</sup> Ed). New York: Frederick Ungar Publishing Co.

Mustafa bin Subari (1989). "Almanak Ukur Malaysia." *The Surveyor*, 4 TH Quaterly '89 ; 3-7.

Tan, Eng Liang (1997). *Rekabentuk Dan Pembangunan Almanak Berdasarkan Epok J2000.0*. Projek Sarjana Muda, Universiti Teknologi Malaysia, Johor.