

## PENGAMATAN OKULTASI BETA SCORPIO OLEH PLANET JUPITER <sup>1)</sup>

B. Hidajat <sup>2)</sup>

### R I N G K A S A N

*Okultasi bintang multipel Beta Scorpio oleh Jupiter telah diamati setjara visual maupun fotografis dari Observatorium Bosscha, pada tanggal 15 Mei 1971. Hasil foto yang dibuat oleh S.M. Larson dengan teropong 24" di Lembang menjokong pendapat bahwa skala tinggi angkasa Jupiter, tidak kurang dari 8 km. Pengamatan visual di Lembang, setelah dikombinasikan dengan pengamatan lain, menunjukkan setjara konsisten, bahwa gradiasi tekanan kurang "steep" dengan faktor 3 kali.*

### A B S T R A C T

*The occultation of the multiple star Beta Scorpio by Jupiter was observed visually and photographically with the 24" - twin telescope of the Bosscha Observatory. The photographic records obtained by S.M. Larson, using the instrument of the Bosscha Observatory, provided support to a scale height greater than 8 km. The Lembang visual measurement is shown to be consistent with other observations, taken from other observatories.*

### I. P E N D A H U L U A N

Evans (1971), berdasarkan perhitungan Taylor (1970) memberitahukan kepada penulis tentang terdjadinja okultasi bintang jang terang (Beta Scorpio) oleh Jupiter. Okultasi bintang jang terang oleh sebuah planet, adalah peristiwa jang djarang terjdjadi, tetapi kepentingan terutama terletak pada keperluan :

1. Untuk menentukan skala-tinggi (scale-height), dan
2. Untuk memperbaiki ephemeris planet Jupiter.

Perhitungan Taylor (1970) memberitahukan bahwa peristiwa jang djarang terjdjadi itu akan baik diamati dari daerah disekitar Samudera Hindia, termasuk Indonesia. Dari Observatorium Bosscha, peristiwa tadi diperhitungkan akan terjdjadi pada tanggal 13 Mei 1971, djam 18 U.T. Komu-

---

1) Publication from the Bosscha Observatory No. 6/1972.

2) Bosscha Observatory, Lembang, Java, Indonesia.

nikasi dengan Dr. W. B. Hubbard (Texas) memberikan data yang lebih detail mengenai kejadian, yang berhubungan dengan okultasi, khusus untuk Observatorium Bosscha ( $L = -7^h10^m27^s.84$ ).

Gambar 1 menunjukkan gerakan-harian Jupiter relatif terhadap bintang-kembar Beta Scorpio, selama periode 0.1 hari. Dalam gambar juga ditunjukkan gerakan Jupiter pada orbitnya sebesar 16,23 km/sek. Konfigurasi satelit Jupiter pada saat terjadinya okultasi ditunjukkan pada Gambar 2. Saat yang tertera pada gambar menunjukkan waktu U. T. Garis terpotong-potong menunjukkan bahwa benda<sup>2</sup> yang bersangkutan ada dibelakang planit, sedang garis tebal menunjukkan bahwa satelit maupun bintang dapat dilihat. Karena ketidak-telitian ephemeris Jupiter, titik ingress dan egress tidak tepat seperti didalam gambar, tetapi mempunyai lingkaran-keraguan dalam order beberapa sekon busur.

## II. TEORI

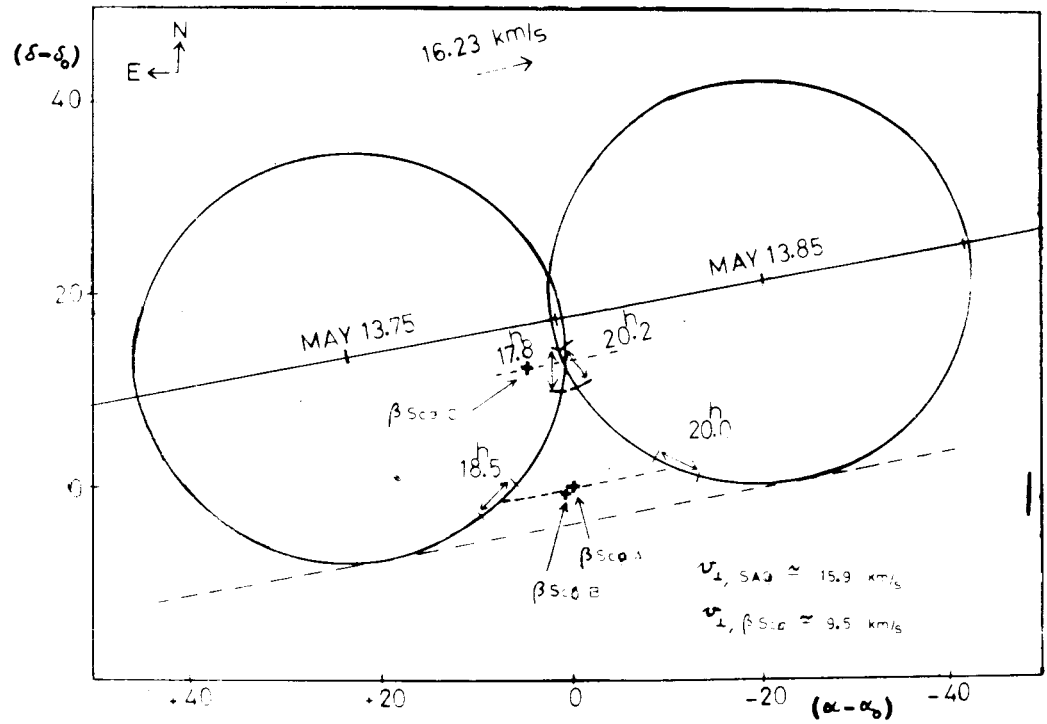
Djika sebuah bintang terhalang oleh sebuah planit yang berangkasa, maka tjahaja bintang tersebut tidak berkurang setjara mendadak, seperti kalau bintang tersebut menghilang dibelakang sebuah piringan yang tak-tembus tjahaja. Sebaliknya, pengurangan tjahaja bintang berlangsung setjara graduil. Dua buah faktor yang menentukan pelemahan tjahaja bintang tersebut adalah :

- i. karena refraksi differensial.
- ii. pelemahan setjara eksponentiil, akibat sebaran molekuler.

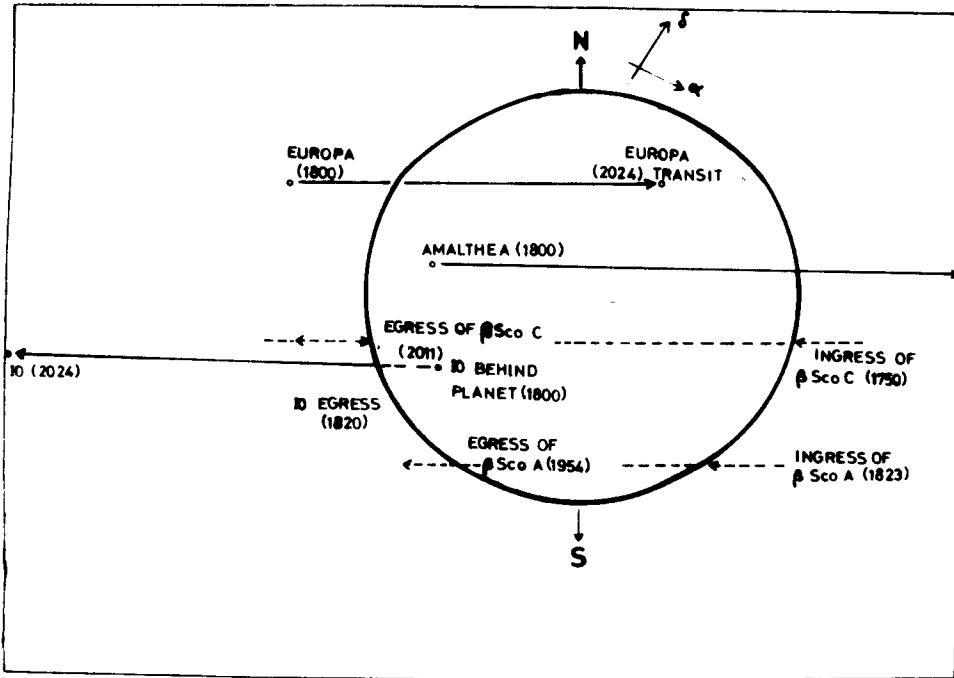
Kalau sebuah bintang terlihat melalui angkasa Jupiter, maka refraksi differensial memegang peranan yang terpenting. Baum dan Code (1953) memberikan rumus antara kuat tjahaja sebuah bintang sebelum dan sesudah berada dibelakang angkasa sebuah planit.

Untuk memudahkan penurunan tebal angkasa, beberapa pengandaian<sup>2</sup> akan diadakan :

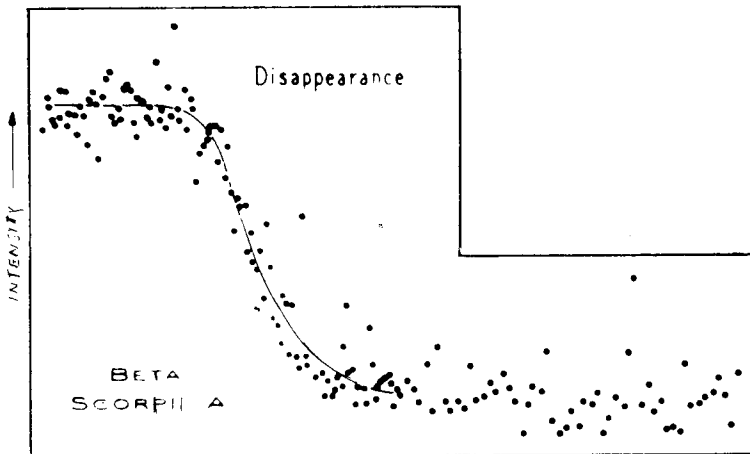
- a. Planit mempunyai bentuk sferis.
- b. Planit ini dikelilingi oleh stratosfir yang isothermal dan stratosfir tersebut mempunyai komposisi yang homogen.
- c. Gravitasi konstant, untuk seluruh radius planit.
- d. Tebal stratosfir yang efektif ketjil dibanding dengan radius planitnya sendiri.
- e. Bintangnya mempunyai sudut-lihat ketjil, dibanding dengan skala tinggi Jupiter.



Gambar 1 : Posisi planet Jupiter dan Beta Scorpio pada tanggal 13 Mei 1971.



Gambar 2 : Posisi relatif Jupiter beserta satelitnja dengan Beta Scorpio mendjelang dan sesudah terdjadi okultasi (angka dalam kurung menundjukkan waktu universal).



Gambar 3 : "Flashes" Beta Scorpio (pada ekor kurva tjahaja) jang diamati dari Naini Tal (India). (Sky and Tel. 42, 337, 1971).

Pengandaian diatas, dapat dipakai untuk menentukan indeks refraksi,  $n$ , disetiap tempat  $r$ , dibandingkan dengan indeks refraksi standard  $n_0$  pada jarak  $r_0$  :

$$n = 1 + (n_0 - 1) e^{-a(r - r_0)} \quad (1)$$

dimana  $a$  mempunyai hubungan dengan berat molekul rata<sup>2</sup>, pertjepatan gaja berat permukaan, konstanta gas dan temperatur absolut. Hubungan tersebut ialah

$$a = \frac{m g}{R T} \quad (2)$$

Skala tinggi didefinisikan sebagai  $\frac{1}{a}$ , jang daripadanya perbandingan antara temperatur dan berat molekul rata<sup>2</sup> dapat ditentukan untuk ketinggian tertentu diatas permukaan planit. Oleh karenanya peristiwa okultasi merupakan peristiwa jang unik untuk dapat menentukan skala tinggi angkasa planit, dan daripadanya menurunkan harga  $T/m$ .

Kalau  $v$  adalah ketjepatan relatif teropong dan  $t$  adalah waktu, maka antara  $avt$  dengan perubahan tjahaja bintang selama ada dibelakang angkasa planit mendjadi

$$\left(\frac{Q_0}{Q} - 2\right) + \ln\left(\frac{Q_0}{Q} - 1\right) = avt \quad (3)$$

dimana :  $Q_0$  = flux dari bintang, jang diterima oleh teropong, scandainja tidak melewati angkasa Jupiter.

dan  $Q$  = flux tersebut setelah ada dibelakang angkasa Jupiter.

Rumus 3 menjatakan sebuah keluarga „kurva-tjahaja”, dengan parameter  $a$  dan  $v$ . Jang terakhir ini, selalu dapat ditentukan. Besaran  $Q$  dan  $Q_0$  dapat diamati setjara fotometri. Perubahan  $Q/Q_0$  terhadap  $t$  dapat dipergunakan menentukan skala tinggi tersebut.

Untuk peristiwa okultasi tanggal 13 Mei, Table I s/d. IV menundjukkan „kurva tjahaja” jang diharapkan, sebagai fungsi dari waktu, dan berat molekul rata<sup>2</sup>. Disini berat molekul rata<sup>2</sup>  $m = 2$  adalah untuk  $H_2$  murni, sedang  $m = 4$  adalah untuk  $H_e$  murni. Saat  $t = 0$  menundjukkan saat dimana tjahaja bintang telah berkurang 50 % dibandingkan dengan sebelum ada dibelakang angkasa Jupiter. Didalam perhitungan ini telah diambil temperatur-batas  $100^\circ K$ .

**Prediksi untuk Observatorium Bosscha.**

TABEL I.

**Ingress untuk Beta Scorpio.**

May 13, 1971; 18<sup>h</sup> 22<sup>m</sup> 44.<sup>s</sup>8 (May 13.765796)  
 Latitude Jupiter = - 53.<sup>o</sup>31  
 Sudut antara bidang horizontal dengan ekuator Jupiter = 32.<sup>o</sup>88  
 Ketjepatan arah tegak lurus bidang horizontal = - 9.27 km/sek.  
 Gaja gravity lokal = 2571.76 c.g.s.

**Kurva Tjahaja untuk T = 100°K; Q/Q<sub>o</sub>**

T (sek.)	m = 2	m = 4	T (sek.)	m = 2	m = 4
-10.0	.99	.99	12.5	.13	.07
- 7.5	.96	.99	15.0	.11	.06
- 5.0	.88	.99	17.5	.10	.05
- 2.5	.70	.88	20.0	.08	.04
0.0	.50	.50	22.5	.08	.04
2.5	.35	.26	25.0	.07	.03
5.0	.26	.16	27.5	.06	.03
7.5	.20	.11	30.0	.06	.03
10.0	.16	.08			

TABEL II.

**Egress untuk Beta Scorpio.**

May 13, 1971; 19<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> 57.<sup>s</sup>7 (May 13.823584).  
 Latitude Jupiter = - 51.<sup>o</sup>84.  
 Sudut antara bidang horizontal dengan ekuator Jupiter = - 34.<sup>o</sup>30.  
 Ketjepatan arah tegak lurus bidang horizontal = 9.15 km/sek.  
 Gaja gravity lokal = 2562.10 c.g.s.

**Kurva Tjahaja untuk T = 100°K; Q/Q<sub>o</sub>**

T (sek.)	m = 2	m = 4	T (sek.)	m = 2	m = 4
10.0	.99	.99	-12.5	.13	.07
7.5	.96	.99	-15.0	.11	.06
5.0	.87	.99	-17.5	.10	.05
2.5	.69	.87	-20.0	.09	.04
- 0.0	.50	.50	-22.5	.08	.04
- 2.5	.35	.26	-25.0	.07	.03
- 5.0	.26	.16	-27.5	.06	.03
- 7.5	.20	.11	-30.0	.06	.03
-10.0	.16	.09			

TABEL III.

## Ingress untuk SAO 159683.

May 13, 1971, 17<sup>h</sup> 46<sup>m</sup> 8.<sup>s5</sup> (May 13.740376).

Latitude Jupiter = - 11.<sup>o</sup>15.

Sudut antara bidang horizontal dengan ekuator Jupiter = 77.<sup>o</sup>40.

Ketjepatan arah tegak lurus bidang horizontal = - 16.34 km/sek.

Gaja gravity lokal = 2335.57 c.g.s.

Kurva Tjahaja untuk  $T = 100^{\circ}\text{K}$ ;  $Q/Q_0$ .

T (sek.)	m = 2	m = 4	T (sek.)	m = 2	m = 4
-10.0	.99	.99	12.5	.08	.04
- 7.5	.99	.99	15.0	.07	.03
- 5.0	.97	.99	17.5	.06	.03
- 2.5	.81	.97	20.0	.05	.02
0.0	.50	.50	22.5	.05	.02
2.5	.29	.19	25.0	.04	.02
5.0	.19	.11	27.5	.04	.02
7.5	.14	.07	30.0	.03	.01
10.0	.11	.05			

TABEL IV.

## Egress untuk SAO 159683.

May 13, 1971; 20<sup>h</sup> 6<sup>m</sup> 22.<sup>s5</sup> (May 13.837760).

Latitude Jupiter = - 9.<sup>o</sup>76.

Sudut antara bidang horizontal dengan ekuator Jupiter = - 78.<sup>o</sup>97.

Ketjepatan arah tegak lurus bidang horizontal = 16.23 km/sek.

Gaja gravity lokal = 2332.20 c.g.s.

Kurva Tjahaja untuk  $T = 100^{\circ}\text{K}$ ;  $Q/Q_0$ .

T (sek.)	m = 2	m = 4	T (sek.)	m = 2	m = 4
10.0	.99	.99	-12.5	.09	.04
7.5	.99	.99	-15.0	.07	.03
5.0	.97	.99	-17.5	.06	.03
2.5	.81	.97	-20.0	.05	.02
- 0.0	.50	.50	-22.5	.05	.02
- 2.5	.29	.19	-25.0	.04	.02
- 5.0	.19	.11	-27.5	.04	.02
- 7.5	.14	.07	-30.0	.03	.01
-10.0	.11	.05			

Baum dan Code (1953) telah menentukan skala-tinggi angkasa Jupiter sebesar 8 kilometer; harga yang konsisten untuk berat molekul yang tinggi yang diduga karena adanya molekul  $H_2$  yang besar. Tetapi hasil itu mungkin memerlukan pengetjekan karena adanya petunjuk mengenai berat molekul rata<sup>2</sup> yang lebih rendah. Berat molekul rata<sup>2</sup> yang rendah ini dapat timbul karena adanya sejumlah molekul hydrogen pada lapisan yang tinggi diatas awan Jupiter. Oleh karena itu dugaan dapat timbul bahwa kurva tjahaja tidak mengikuti prediksi yang didasarkan pada  $m = 2$  atau  $m = 4$ , tetapi kurva tjahaja tersebut akan terdapat diantara kurva prediksi teoritis yang tertera didalam Tabel I dan IV. Djuga petunjuk mengenai temperatur Jupiter yang tinggi meminta pengamatan okultasi ini dilakukan dengan lebih teliti.

### III. PENGAMATAN

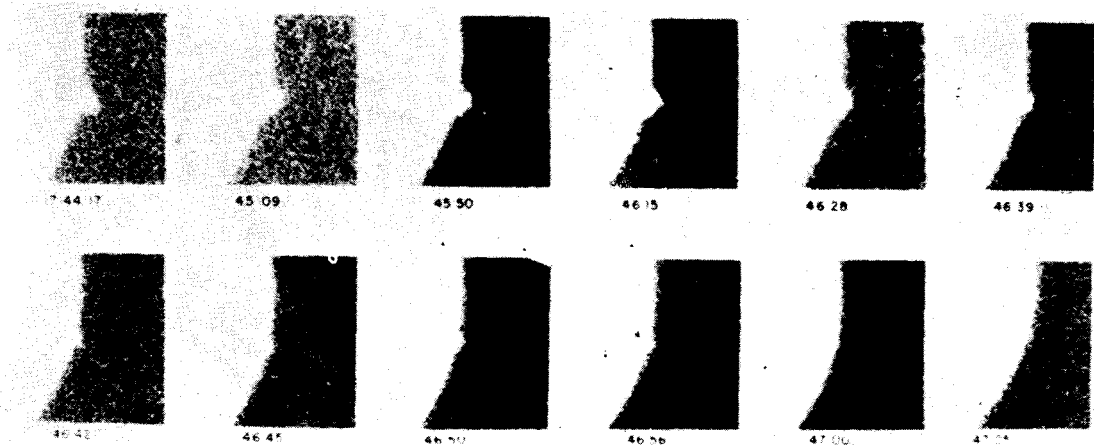
Refraktor dobel Observatorium Bosscha (60 cm) telah dipergunakan untuk keperluan penjelidikan ini. Pengamatan visual, dengan teropong yang lensanya dikoreksi untuk tjahaja kuning, dilakukan setjara simultan dengan teropong fotografis. Pengamatan fotografis dikerdjakan oleh Larson (1971, 1972) dengan sistim optis yang bekerdja pada  $f/76$ . Skala fotografis pada pelat film adalah  $3.75 \text{ mm}^{-1}$ . Saat<sup>2</sup> ingress diamati dengan refraktor visual, dengan mempergunakan film Kodak 4X Panchromatic Schott Filter No. GG-14. Sedangkan saat egress dengan Kodak 103-0 Spectroscopic Film, tidak dengan filter.

Pengamatan visual dikerdjakan oleh penulis ini. Pematjaan dan penjatatan saat<sup>2</sup> terdjadinja okultasi dilakukan oleh Sdr. S. Darsa. Chronometer Hamilton, milik Observatorium Bosscha telah dipakai untuk menentukan U.T. Chronometer tersebut telah dikalibrasi dengan Chronometer milik Djawatan Meteorologi dan Geofisika (World-Wide Seismograph System, Hammarlund Model SP-600). Ketelitian pematjaan penentuan kedjadian mempunyai ketelitian dalam order  $0.85$ . Drift Chronometer Hamilton sebanjak  $0.9$  tiap 24 djam, relatif terhadap WWV telah dimasukkan sebagai koreksi.

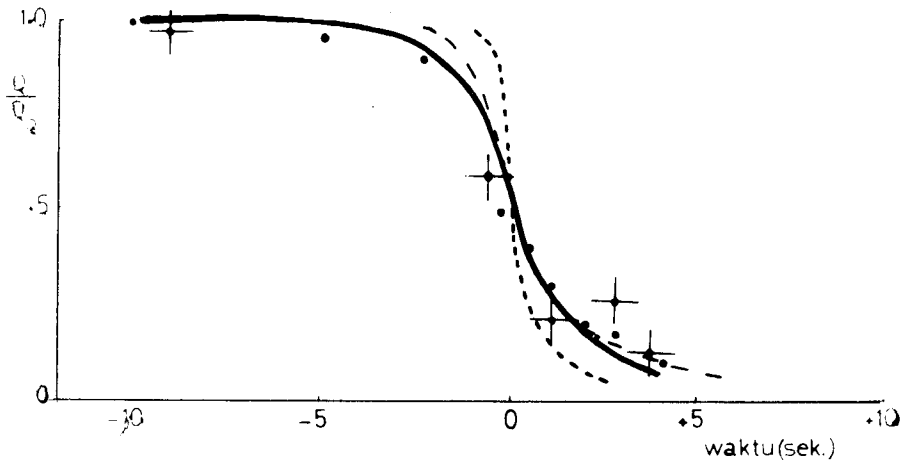
Walaupun tjuatja tidak dalam keadaan yang ideal, tetapi saat ingress dan egress dapat diamati, dalam keadaan „seeing” yang baik (order  $1''-2''$ ). Korelasi antara pengamatan visual dan fotografis dapat ditundjukkan mempunyai ketelitian dalam order rata<sup>2</sup> 0.5 sekon. Dengan persiapan yang lebih baik, rangkaian saat terpenting dalam peristiwa okultasi tentunja dapat dikerdjakan setjara simultan.

Okultasi bintang yang lebih dekat dengan ekuator Jupiter (SAO 159683) berdjalan dengan lautjar dan berlangsung selama kurang lebih 65 sekon. Pengamatan Beta Scorpio sendiri setjara visual terdjadi pada saat yang diharapkan, tetapi kadang<sup>2</sup> menundjukkan fluktuasi tjahaja yang terdjadi dalam selang yang tidak teratur, dalam waktu antara 2 sampai 6 sekon. Penulis ini menduga bahwa fluktuasi tjahaja tersebut disebabkan berubahnja „seeing”, tetapi pengetjekan kemudian pada sequence fotografis yang dibuat oleh Larson (1971, 1972) dan Hidajat (1971) menundjukkan bahwa

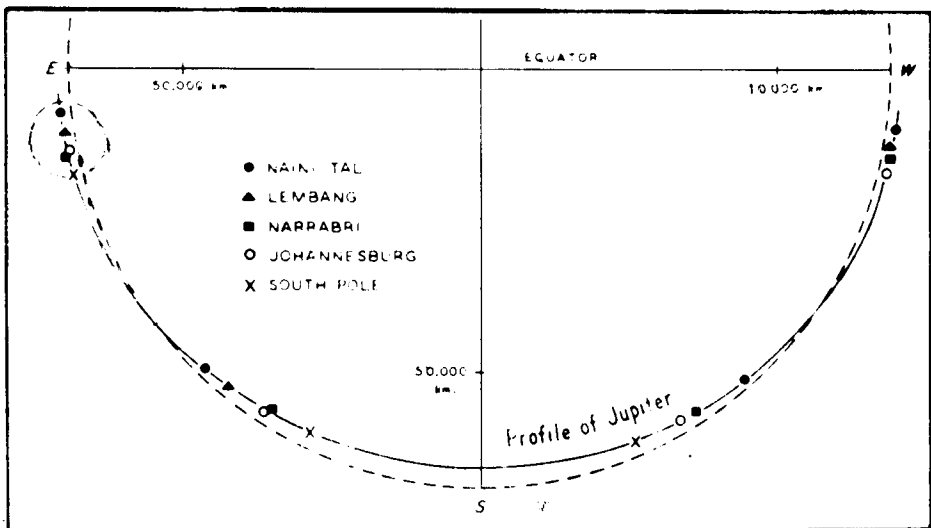




Gambar 4 : Flashes yang diamati dari Observatorium Bosscha (baris bawah, no. 2 dan 3 dari kiri).



Gambar 5 : Kurva tjahaja Beta Scorpio, pada waktu menghilang dibelakang angkasa Jupiter. (Titik2: S.M. Larson; tanda silang: B. Hidajat), diamati dari Observatorium Bosscha. Garis terpotong: adalah garis2 teoritis (lihat teks).



Gambar 6 : Hasil penentuan profil planit Jupiter; berdasarkan "best-fit" dari pengamatan 5 buah Observatorium (menurut Evans dan Hubbard, 1971).

bukanlah „seeing” yang menyebabkan fluktuasi tjahaja. Menurut perkiraan penulis saat ingress ini memakan waktu sampai 8 menit, 7 menit diantaranya diseling dengan terang-lemahnja tjahaja Beta Scorpio.

Phenomena yang tersebut diatas yang biasanja dikategorikan dengan „flashing”, djuga diamati ketika terdjadi okultasi oleh Neptune pada tahun 1968 (lihat Evans dan Hubbard, 1971). Selama ingress dan egress sebuah bintang, „flashes” dapat terdjadi, dan ini diperkuat oleh pengamatan foto-elektris. Gambar 3 menundjukkan reproduksi dari artikel Evans dan Hubbard (1971) dari data<sup>2</sup> yang diperoleh di Johannesburg (Afrika Selatan) dan Naini Tal (India). Flashes tersebut, dapat diterangkan karena adanja lapisan<sup>2</sup> dengan indeks refraksi yang berbeda-beda. Dan kenjataan bahwa dalam tempo sampai dengan 7 menit pertama dari saat ingress „flashing” masih dapat diamati, maka lapisan<sup>2</sup> dengan indeks refraksi yang berbeda dan berubah, terdapat sampai tinggi diatas angkasa Jupiter. Seperti telah dilaporkan Hidajat (1971), pengamatan mengenai saat<sup>2</sup> Beta Scorpio ada dibelakang Jupiter, sebagian geometri, sangat dipersukar oleh adanja „flashing”. Unpama, pada djam 18<sup>h</sup>29<sup>m</sup>59<sup>s</sup>, „flashing” masih tampak. Gambar 4, yang dipindjamkan kepada penulis, oleh Larson menundjukkan hal ini dengan djelas, bahwa walaupun Beta Scorpio yang seharusnja sudah dibelakang Jupiter, tetapi masih menundjukkan tjahajanja, sebesar kira<sup>2</sup> 25 % tjahaja asalnja.

#### IV. HASIL DAN KOMENTAR

Tabel V menundjukkan hasil pengamatan yang dibuat di Observatorium Bosscha. Kolom visual menundjukkan hasil pengamatan dengan perubahan magnitude yang dikira-kira dengan mata. Karena disekitar terdjadinja peristiwa tersebut tidak ada bintang yang dipergunakan sebagai standard, maka estimasi hanja didasarkan kepada ingatan kepada teranganja bintang sebelum tiba dibelakang angkasa Jupiter. Walaupun begitu perkiraan perubahan magnitude tersebut diperkirakan sampai order 0.<sup>m</sup>25. Bahwasanja perkiraan ini beralasan, dapat dibandingkan dengan hasil fotografis, yang diukur oleh Larson (1971).

Hampir tiada ketjualinja pengamatan visuil mendahului pengamatan fotografis dalam order 2-10 sekon waktu. Hal lain yang mempengaruhi pengamatan ialah kenjataan adanja refraksi sebesar 1."4 kearah tepi Jupiter (Larson, 1972). Refraksi tersebut menyebabkan bintang yang seharusnja ada dibelakang Jupiter masih dapat tampak, selama beberapa saat sesudah dibelakang piringan planit. Hasil pengamatan visuil untuk SAO 159683 dan Beta Scorpio, kalau disuperposisikan dengan pengamatan Larson (1972) menundjukkan perbedaan yang diharapkan karena sifat penjelidikan itu sendiri.

TABEL V.

SAO 159683

BETA SCO A

Kedjadian	Visual	Photographic	P.A. (1)		Visual	Photographic	P.A. (1)
	h m s	h m s			h m s	h m s	
Mulai lemah	17 42 48.5	17 46 15	271.°5		18 24 29	18 24 34	229.°6
Ingress	17 46 (?) (2)	17 47 05	—		—	18 32 21	—
Egress	20 07 20.5	20 07 21	—		—	19 47 29	—
Keluar sama sekali	20 07 40 (2)	20 07 59	111.°1		19 47 29	19 47 40	153.°0

Tjataan :

- (1) Menurut pengukuran Larson (1971).  
(2) Ketelitian kurang.

Gambar 5 menunjukkan hasil pengamatan di Lembang. Garis<sup>2</sup> vertikal dan horizontal yang melekat pada titik pengamatan visual menunjukkan ketidak telitian dalam waktu dan magnitude. Titik O pada absis diambil pada saat  $Q/Q_0 = 0.5$ . Kekiri menunjukkan sebelum terjadinya peristiwa. Walaupun data yang lebih teliti masih sangat diperlukan, hasil ini menunjukkan bahwa skala-tinggi (Tabel I dan IV) tidak dipenuhi. Sebaliknya, seperti Larson (1971) menyebutkan pengamatan dewasa ini lebih banyak menjokong pendapat skala-tinggi yang lebih besar, dibanding dengan harga sebelumnya. Skala-tinggi yang lebih besar berarti ketjilnya harga rata<sup>2</sup> berat molekul, atau tingginya temperatur permukaan. Tetapi sangat sukar untuk memisahkan pengaruh  $T/m$  pada rumus **a**. Dengan ditemuinja radiasi thermal Jupiter barangkali harga  $T$  yang lebih tinggi (disekitar  $150^\circ - 200^\circ\text{K}$ ) bukannya tidak beralasan. Disampingnya lebih ketjilnya berat molekul rata<sup>2</sup>. Penentuan sebelumnya menunjukkan  $T = 100^\circ\text{K}$ . Hasil<sup>2</sup> lain dari penentuan okultasi ini memberikan ukuran baru bagi dimensi Jupiter. Data<sup>2</sup> diambil dari Evans dan Hubbard (1971) direproduksi dalam Gambar 6. Profile Jupiter telah didapat dari hasil<sup>2</sup> pengamatan berbagai Observatorium sangat konsisten. Menurut dugaan Evans dan Hubbard, diameter Jupiter, sampai pada lapisan angkasa yang terdiri atas  $10^{14}$  molekul per cc, adalah 71.880 km. Pepatan planit Jupiter djuga berubah mendjadi 0.060. Harga pepatan ini lebih ketjil dari harga pepatan yang didapat sebelumnya, dan akan mempunjai pengaruh terhadap teori dalamnja Jupiter.

### UTJAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menjampaiakan terima kasih kepada Dr. D. Evans dan Dr. W. B. Hubbard untuk saran<sup>2</sup> yang berguna dalam mengainati peristiwa ini. Kepada Dr. S. M. Larson penulis menjampaiakan terima kasih atas pindjaman foto<sup>2</sup> yang berharga yang telah diambil dengan teropong Observatorium Bosscha. Bantuan Sdr. Darsa S. dalam menentukan waktu dirasakan tidak ternilai harganja, untuk itu penulis ingin menjampaiakan banjak terima kasih. Naskah ini ditik oleh Sdr. O. Soemantri, untuk ketelitiannya penulis sampaikan banjak terima kasih pula.

Laporan ini, serta laporan pendahuluannya (Hidajat, 1971) ditulis atas bantuan projek research Pelita, yang diberikan kepada Institut Teknologi Bandung. Untuk bantuan ini penulis ingin menjampaiakan terima kasih yang sebesar-besarnya.

### K E P U S T A K A A N

1. EVANS, D. S. 1971 Surat-menjurat pribadi.
2. EVANS, D. S., HUBBARD, W.B. 1971 Sky and Telescope. 42, 337.

3. HIDAJAT, B. 1971 Inf. Bull. Southern Hemisphere,  
No. 19, 22, October 1971.
4. LARSON, S. M. 1971 Sky and Telescope, 42, 70.  
1972 To be published.
5. TAYLOR, G. E. 1970 I.A.U. Circular No. 2279, Sept. 29.

(Diterima 23 Djuni 1972).

---