

Penentuan Parameter Fisis Hilal Sebagai Usulan Kriteria Visibilitas di Wilayah Tropis

Judhistira Aria Utama^{1,*} dan Hilmansyah¹

¹Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia

* Email: j.aria.utama@upi.edu

Abstrak. Hingga saat ini umat Islam Indonesia belum menyepakati suatu kriteria tunggal bagi visibilitas hilal yang memiliki landasan ilmiah kokoh. Dalam naskah ini dibahas tentang penentuan ketinggian optimal hilal yang dapat diamati dengan mata telanjang maupun bantuan alat optik semisal binokuler ataupun teleskop untuk memberikan landasan teori bagi salah satu kriteria yang dianut Kementerian Agama RI selama ini. Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan data kesaksian mengamati hilal yang telah dihimpun oleh Kementerian Agama RI (1962 – 2011), lembaga Rukyatul Hilal Indonesia (RHI) selama kurun waktu 2007 – 2009, dan data global yang dibatasi untuk wilayah tropis (lintang geografis $\pm 23,5^{\circ}$). Pembahasan tidak semata berdasarkan konfigurasi geometri ketiga benda langit terkait (Matahari–Bumi–Bulan), namun turut mempertimbangkan faktor kecerahan langit senja mengikuti model Kastner. Selain ketinggian optimal, juga berhasil diturunkan parameter fisis lainnya meliputi beda tinggi, jarak sudut/elongasi, umur Bulan pascakonjungsi, beda azimut, *lag time*, dan tebal–tengah sabit Bulan. Hasil yang diperoleh dapat menjadi pijakan awal bagi sebuah kriteria visibilitas hilal di wilayah tropis, termasuk Indonesia. Parameter fisis hilal yang diturunkan di atas bersifat dinamis, artinya masih dapat berubah disesuaikan dengan jumlah data pengamatan yang tersedia dan valid secara keilmuan.

Kata kunci: Kecerahan Langit Senja, Kriteria Visibilitas Hilal, Model Kastner, Parameter Fisis Hilal

PENDAHULUAN

Upaya memprediksi kenampakan hilal (sabit Bulan yang terbentuk pascakonjungsi) telah dilakukan oleh para pengamat langit sejak era Babilonia hingga zaman modern. Prediksi kenampakan ini melibatkan berbagai disiplin ilmu, tidak saja astronomi posisi, melainkan juga optika, meteorologi, dan fisiologi [1]. Bila optika berkaitan dengan proses perambatan cahaya dari sumber di luar atmosfer hingga tiba di detektor di permukaan Bumi, meteorologi berperan dalam menyediakan informasi dinamika atmosfer lokal yang direpresentasikan ke dalam parameter temperatur, kelembaban, dan tekanan udara serta kandungan aerosol yang berkenaan dengan kadar transparansi atmosfer setempat. Sementara itu fisiologi berhubungan dengan bagaimana detektor, dalam hal ini mata

manusia, merespon informasi berupa foton yang tiba dari sumber.

Pada saat ini dapat dijumpai beragam kriteria visibilitas atau kenampakan hilal, namun tidak ada kriteria yang berlaku universal untuk seluruh lintang geografis [1]. Secara umum terdapat kesamaan ide dalam seluruh kriteria yang memprediksi kenampakan hilal, yaitu diperlukannya kontras minimum untuk memungkinkan hilal dapat diamati [1]. Kontras didefinisikan sebagai rasio antara iluminansi (*illuminance*) hilal terhadap kecerahan (*brightness*) langit senja. Dalam penelitian ini, kecerahan langit senja diperoleh menggunakan formula aproksimasi Kastner [2] atas grafik distribusi kecerahan langit senja faktual (sebagai fungsi sudut depresi Matahari, jarak zenit objek, dan azimut relatif antara objek dan Matahari) yang diperoleh Barteneva & Boyarova [3].

Uji kehandalan model kecerahan langit senja Kastner atas data laporan hasil pengamatan hilal dan Bulan sabit tua dapat dijumpai dalam Utama [4] dan Utama & Efendi [5]. Berangkat dari uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk memperoleh besaran-besaran fisis hilal yang dapat diamati pascakonjungsi untuk wilayah tropis dengan beragam modus pengamatan (mata telanjang dan berbantuan binokuler/teleskop).

METODE

Data yang dipergunakan dalam penelitian ini bersumber dari laporan keberhasilan mengamati hilal di seluruh wilayah Indonesia dalam kurun waktu 1962 – 2011 yang dikompilasi oleh Kementerian Agama (KEMENAG) RI, basis data Rukyatul Hilal Indonesia (RHI) selama periode 2007 – 2009 yang dibatasi hanya untuk kasus dengan *lag time* ≤ 60 menit, dan data global yang dikompilasi Odeh [6] yang telah mengalami penyeleksian terbatas untuk wilayah tropis (lintang geografis $\pm 23,5^0$). Berkenaan dengan data KEMENAG yang memberikan parameter fisis (tinggi hilal, elongasi, dan umur Bulan) saat diamati yang relatif lebih rendah daripada nilai-nilai yang dianut secara internasional, Djamaluddin [7] melakukan seleksi untuk hanya menyertakan data yang dapat dipercaya keabsahannya dari sisi keilmuan di samping sisi syar'i (para pengamat telah disumpah di hadapan petugas Pengadilan Tinggi Agama setempat).

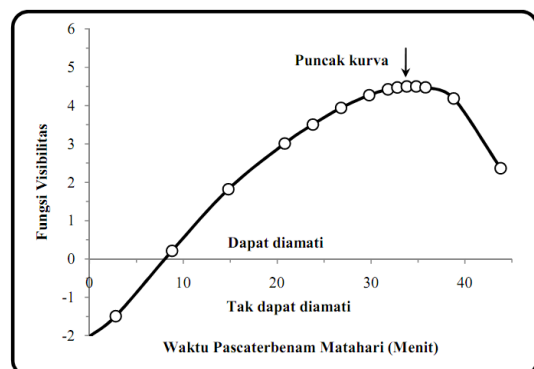
Seluruh data dari ketiga sumber selanjutnya diseleksi menggunakan model distribusi langit senja Kastner, sehingga hanya laporan yang memiliki kontras positif yang akan digunakan untuk memperoleh kriteria visibilitas hilal di wilayah tropis. Nilai-nilai parameter fisis hilal (ketinggian – a , beda tinggi Bulan–Matahari – ARCV, jarak sudut/elongasi – ARCL, umur Bulan pascakonjungsi, beda azimuth – DAZ, *lag time* yaitu beda waktu terbenam Matahari dan Bulan, dan tebal–tengah sabit Bulan – w) yang digunakan sebagai kriteria diperoleh dari nilai rata-rata seluruh kasus pada saat kontras maksimum dicapai. Dalam model Kastner, kontras maksimum ditandai dengan puncak kurva visibilitas hilal untuk masing-masing modus pengamatan. Bila dalam suatu kasus

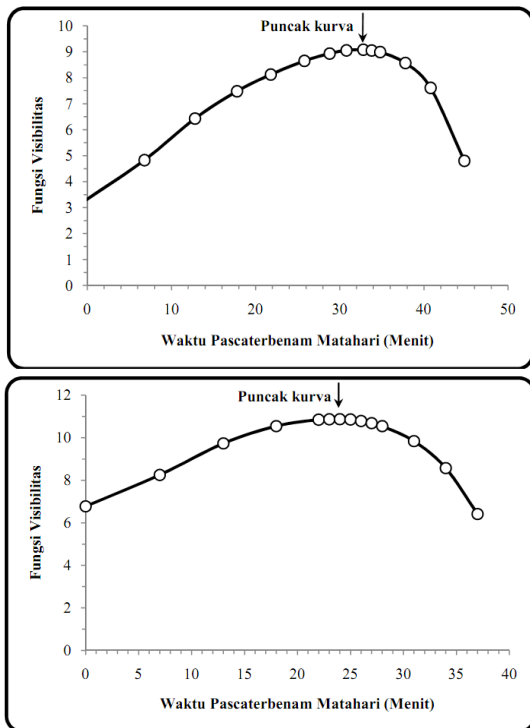
pengamatan hilal digunakan dua atau tiga modus berbeda yang semuanya memberikan laporan positif atas kenampakan hilal, pengujian kontras hanya dilakukan untuk modus yang paling sederhana dengan panduan berikut ini: pengamatan mata telanjang lebih sederhana dibandingkan pengamatan berbantuan binokuler maupun teleskop dan pengamatan menggunakan binokuler lebih sederhana dibandingkan pengamatan dengan teleskop.

HASIL DAN DISKUSI

Setelah melalui seleksi kontras, diperoleh 46 buah data dengan rincian 35 data untuk modus mata telanjang (4 data KEMENAG, 15 data RHI, dan 16 data Odeh), 8 data dengan modus pengamatan berbantuan binokuler (6 data Odeh dan 2 data RHI), serta 3 buah data untuk pengamatan yang menggunakan alat bantu teleskop yang seluruhnya berasal dari data Odeh. Karena tidak diketahuinya ukuran binokuler maupun teleskop yang digunakan dalam pengamatan, dalam perhitungan visibilitas hilal untuk masing-masing kasus menggunakan model Kastner diasumsikan penggunaan binokuler dan teleskop yang masing-masing menghasilkan perbesaran sudut 10x dan 50x.

Kontras maksimum yang digunakan untuk memperoleh parameter-parameter fisis hilal untuk ketiga modus pengamatan yang berbeda ditunjukkan dalam gambar 1 berikut ini.





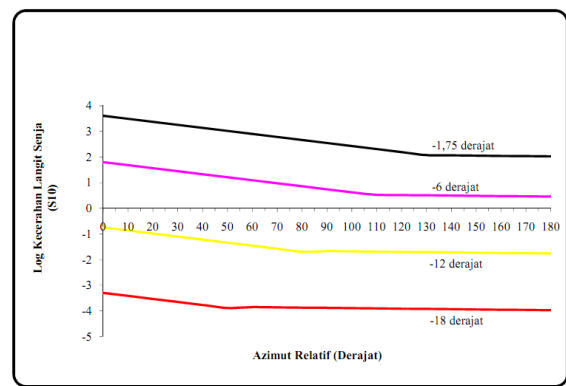
GAMBAR 1. Kurva visibilitas hilal untuk kasus pengamatan mata telanjang (atas, data 17 Oktober 2001), berbantuan binokuler (tengah, data 13 Mei 2002), dan menggunakan teleskop (bawah, data 2 Mei 2003). Penggunaan alat bantu pengamatan membantu meningkatkan kontras pada saat Matahari terbenam dibandingkan modus mata telanjang.

Nilai rata-rata ketujuh buah parameter fisis hilal berdasarkan data terseleksi pada saat fungsi visibilitas mencapai maksimum untuk masing-masing kasus hilal dengan beragam modus pengamatan ditampilkan dalam tabel 1.

Berdasarkan tabel 1, parameter fisis hilal untuk modus pengamatan mata telanjang secara konsisten bernilai lebih besar daripada nilai-nilai untuk pengamatan dengan bantuan binokuler maupun teleskop kecuali untuk parameter ketinggian hilal dari horison. Nilai-nilai parameter ARCV, ARCL, DAZ, umur, *lag time*, dan *w* untuk modus pengamatan mata telanjang pada saat kontras maksimum dapat dipandang sebagai nilai-nilai optimal yang dapat dicapai sejauh dipenuhinya syarat perlu berikut ini: (1) kondisi atmosfer yang bersih dan (2) tidak ada kendala cuaca maupun gangguan pandangan objek-objek terestrial di arah hilal berada. Dengan demikian, untuk nilai-nilai yang kurang

dari nilai optimal tersebut memungkinkan diperlukannya alat bantu untuk tetap dapat mengesani sosok hilal. Bagaimana penjelasan untuk nilai ketinggian hilal dari horison yang justru lebih kecil daripada nilai untuk modus pengamatan menggunakan alat bantu? Hal ini dapat dipahami sebagai berikut.

Kecerahan langit senja diyakini berhubungan dengan lintang geografis, ketinggian lokasi dari permukaan laut, musim, dan kandungan aerosol di atmosfer [8]. Menggunakan model Kastner dapat ditunjukkan profil distribusi kecerahan langit senja di horison seperti dalam gambar 2.



GAMBAR 2. Profil distribusi kecerahan langit senja di horison untuk berbagai nilai sudut depresi Matahari. Semakin jauh dari posisi terbenamnya Matahari (azimut relatif= 0 derajat), kecerahan langit senja berkurang sebelum akhirnya mencapai harga yang konstan di azimut relatif tertentu.

Pada saat Matahari tepat terbenam (lengkungan atas Matahari berada di horison), tidak serta-merta kondisi di horison menjadi gelap gulita. Hamburan sinar Matahari oleh partikel-partikel di atmosfer membuat kondisi langit senja di dekat horison masih cukup terang untuk dapat mengesani suatu objek redup. Untuk hilal yang berada di ketinggian tertentu dari horison, pengamatan yang dilakukan dengan mata telanjang tidak akan berhasil mengesannya selama kecerahan langit senja masih lebih dominan daripada iluminansi hilal. Karena pengamatan menggunakan alat bantu dapat mereduksi kecerahan langit senja dengan signifikan, maka terdapat kesempatan untuk dapat mengesani hilal bersangkutan di ketinggian tersebut ketika iluminansinya telah menjadi lebih dominan atas kecerahan langit

senja. Dengan kata lain, hilal dapat diamati saat masih berada di posisi yang relatif lebih tinggi daripada bila pengamatan dilakukan menggunakan modus mata telanjang. Karena dapat diamati lebih awal, ketinggian optimal hilal dengan modus pengamatan menggunakan alat bantu relatif lebih tinggi dibandingkan

ketinggian yang dimilikinya dalam modus pengamatan mata telanjang.

TABEL 1. Rata-rata nilai parameter fisis hilal pada saat kontras mencapai nilai maksimumnya

Parameter Fisis	Mata Telanjang	Binokuler/Teleskop
Ketinggian (a, derajat)	1,92	2,29
Beda tinggi (ARCV, derajat)	11,45	9,99
Elongasi (ARCL, derajat)	12,57	10,20
Beda azimut (DAZ, derajat)	4,96	2,20
Umur pascakonjungsi (jam)	24,07	20,84
Lag (menit)	48	41
Tebal tengah-sabit (w, menit busur)	0,40	0,25

Dalam penelitian ini, rata-rata nilai parameter fisis hilal saat kontras mencapai nilai maksimum diusulkan sebagai batas bawah bagi kriteria kenampakan hilal di wilayah tropis. Ketinggian hilal dalam modus pengamatan mata telanjang sebesar ~ 2 derajat yang diperoleh di atas dapat menjelaskan kriteria ketinggian hilal 2 derajat yang digunakan oleh Kementerian Agama RI selama ini. Model Kastner dapat menjadi landasan teori bagi kriteria tersebut. Nilai ketinggian hilal 2 derajat sebagai nilai optimum juga diperoleh Sultan [9] menggunakan rasio kontras terhadap ambang kontras Blackwell untuk situasi geometri yang sempurna (DAZ = 0 derajat).

Parameter ARCV terlihat memerlukan nilai yang tinggi, yaitu ~ 11,5 derajat. Nilai ini lebih besar daripada yang diadopsi oleh Djamaluddin [10] menggunakan hasil Ilyas [11], Caldwell & Laney [12], dan Sudiby et al. [13], yaitu ARCV > 4 derajat yang digunakan bersama-sama dengan ARCL > 6,4 derajat. Hasil penelitian ini dekat dengan perolehan Sopwan & Raharto [14], yang melalui studi teoretik hilal metonik mendapati rentang ARCV untuk kasus hilal yang mudah diamati dengan mata telanjang sebesar 10– 11 derajat.

Rata-rata parameter ARCL yang diperoleh dalam penelitian ini ~ 12,6 derajat, lebih besar daripada yang diusulkan Fatoohi et al. [15], yaitu sebesar 7,5 derajat, namun relatif dekat dengan nilai yang diperoleh Ilyas [16] sebesar ~ 10 derajat. Sopwan & Raharto [14] memberikan

variasi ARCL untuk kasus hilal yang dapat diamati dengan modus pengamatan mata telanjang. Untuk hilal dekat ekuinoks (titik musim semi/bulan Maret atau musim gugur/bulan September) diperoleh variasi ARCL 13,5 – 15,5 derajat, hilal dekat solstis (titik musim panas/bulan Juni atau musim dingin/bulan Desember) 12,5 – 13,5 derajat, dan hilal dekat aphelion (jarak terjauh Bumi ke Matahari) serta perihelion (jarak terdekat Bumi ke Matahari) sekitar 11,5 – 12,5 derajat. Sementara untuk kasus hilal yang hanya dapat diamati dengan bantuan alat optik, mereka mendapati variasi ARCL terjadi dalam rentang yang lebih sempit, yaitu 6,4 – 7 derajat, lebih kecil dibandingkan nilai yang diperoleh dalam penelitian ini (~ 10 derajat).

Parameter DAZ dapat dihubungkan dengan parameter lainnya, yaitu ARCV. Baik kriteria Maunder maupun Indian Ephemeris [6] memberikan hasil interpolasi ARCV masing-masing sebesar 10,5 derajat dan 10 derajat untuk DAZ sama dengan 5 derajat. Hasil yang ditunjukkan dalam tabel 1 cukup dekat dengan nilai-nilai di atas, yaitu ARCV sebesar 11,5 derajat untuk DAZ ~ 5 derajat. Berdasarkan profil kecerahan langit senja dalam gambar 2, dengan bertambah besarnya DAZ, nilai ARCV yang diperlukan sebagai syarat dapat diamatinya hilal akan cenderung konstan.

Kriteria Babilonia yang dikenal sebagai kriteria kenampakan hilal tertua menggunakan parameter umur Bulan pascakonjungsi dan lag

time. Menurut kriteria ini, agar hilal dapat diamati, maka umur Bulan harus > 24 jam pascakonjungsi dan *lag time* > 48 menit. Nilai rata-rata kedua parameter di atas yang diperoleh dalam penelitian ini bersesuaian dengan nilai-nilai minimal tersebut, yaitu umur Bulan $\sim 24,1$ jam dan *lag time* sebesar 48 menit. Bagaimanapun, agar dapat memberikan prediksi yang memuaskan, parameter umur Bulan dan *lag time* harus diterapkan bersamaan. Dengan alasan bahwa menggunakan binokuler dan teleskop dapat membantu pengamat menjadi lebih jeli sekaligus mereduksi kecerahan langit senja, dapat dipahami bila umur Bulan yang dapat diamati relatif lebih muda (~ 21 jam) dan *lag time* yang diperlukan lebih singkat (~ 41 menit). Sudiby et al. [13] mendapati bahwa pada modus pengamatan berbantuan alat, secara teoretik hilal dapat diamati tepat saat Matahari terbenam bila *lag time* bernilai 40 menit. Hasil tersebut bersesuaian dengan nilai rata-rata *lag time* yang diperoleh dalam penelitian ini, yaitu 41 menit.

Bruin [17], Yallop [18], dan Odeh [6] menggunakan parameter lebar tengah-sabit Bulan, w , sebagai parameter terbaik untuk mendeskripsikan iluminansi hilal bersama-sama dengan ARCV. Nilai parameter w dan ARCV hasil interpolasi yang diperoleh Odeh adalah $w = 0,3$ menit busur untuk ARCV 11 derajat. Bandingkan dengan ARCV ~ 10 derajat untuk $w = 0,25$ menit busur dalam tabel 1. Kendati Odeh menggunakan kondisi tanpa atmosfer (mengabaikan efek refraksi yang membuat objek langit terlihat lebih tinggi daripada seharusnya), nilai ARCV yang diperolehnya masih lebih besar daripada nilai rata-rata dalam penelitian ini. Sementara untuk modus pengamatan mata telanjang, menurut Odeh, ARCV bernilai ~ 4 derajat untuk $w = 0,4$ menit busur. Bandingkan dengan ARCV $\sim 11,5$ derajat untuk $w = 0,4$ menit busur dari penelitian ini.

KESIMPULAN

Telah diperoleh rata-rata nilai parameter fisis hilal pada saat kontras maksimum dicapai dalam modus pengamatan mata telanjang dan berbantuan alat guna diusulkan sebagai batas bawah kriteria visibilitas hilal yang berlaku di wilayah tropis. Hasil yang diperoleh telah pula

dibandingkan dengan hasil-hasil penelitian lainnya, yang menunjukkan adanya konsistensi maupun ketidaksamaan. Mengingat keterbatasan data yang digunakan, hasil ini merupakan usulan sementara yang bersifat dinamis, dalam arti dapat terus diperbaiki dengan semakin bertambahnya jumlah data pengamatan yang tersedia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada RHI atas publikasi basis data pengamatan mereka, juga kepada Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA UPI atas dukungannya yang telah memungkinkan penulis menghadiri pertemuan ilmiah ini.

REFERENSI

1. Hoffman, R.E. 2003. Observing the New Moon. *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, **340**: 1039 – 1051.
2. Kastner, S.O. 1976. Calculation of the Twilight Visibility Function of Near-Sun Object. *The Journal of The Royal Astronomical Society of Canada*, **70 (4)**: 153 – 168.
3. Barteneva, O.D. & Boyarova, A.N. 1960. Dalam Kastner, S.O. 1976.
4. Utama, J.A. 2012. Analisis Visibilitas Hilal Penentu Awal Ramadhan dan Syawal 1433 H dengan Model Fungsi Visibilitas Kastner, dalam Sarwi, M., Khanafiyah, S., Hindarto, N., et al. Eds. *Prosiding Seminar Nasional Fisika III*, Semarang: Jurusan Fisika, pp. FT101-1 – FT101-6.
5. Utama, J.A. & Efendi, R. 2012. Reliability Test of Kastner Visibility Function Prediction on Lunar Crescent Observational Data in Indonesia. *Makalah* disajikan dalam 4th South East Asian Astronomy Network (SEAAN) Meeting, Institut Teknologi Bandung, 10 – 11 Oktober.
6. Odeh, M.S. 2006. New Criterion for Lunar Crescent Visibility. *Experimental Astronomy*. **18**: 39 – 64.
7. Djamaluddin, T. 2000. Visibilitas Hilal di Indonesia. *Warta LAPAN*. Volume 2, No. 4.
8. Mikhail, J.S. et al. 1995. Improving the Crescent Visibility Limits Due to Factors

- Causing Decrease in the Sky Twilight Brightness. *Earth, Moon and Planets*. **70**: 109 – 121.
9. Sultan, A.H. 2006. “Best Time” for the First Visibility of the Lunar Crescent. *The Observatory*. **126** (1191): 115 – 118.
 10. Djamaluddin, T. 2011. Astronomi Memberi Solusi Penyatuan Ummat. *Booklet* Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.
 11. Ilyas, M. 1988. Limiting Altitude Separation in the New Moon’s First Visibility Criterion. *Astronomy and Astrophysics*. **206**: 133 – 135.
 12. Caldwell, J.A.R. & Laney, C.D. 2001. First Visibility of the Lunar Crescent. *African Skies*. No.5: 15 – 25.
 13. Sudibyo, M.M., Arkanudin, M., & Riyadi, A.R.S. 2009. Observasi Hilaal 1427 – 1430 H (2007 – 2009 M) dan Implikasinya untuk Kriteria Visibilitas di Indonesia. *Makalah* disajikan dalam Seminar Nasional Mencari Solusi Kriteria Visibilitas Hilal dan Penyatuan Kalender Islam dalam Perspektif Sains dan Syariah, Observatorium Bosscha, 19 Desember.
 14. Sopwan, N., & Raharto, M. 2012. Hilal Metonik: Usulan Kriteria Visibilitas Hilal, dalam Sarwi, M., Khanafiyah, S., Hindarto, N., et al. Eds. *Prosiding Seminar Nasional Fisika III*, Semarang: Jurusan Fisika, pp. FT105-1 – FT105-7.
 15. Fatoohi, L.J., Stephenson, F.R., & Al-Dargazelli, S.S. 1998. The Danjon Limit of First Visibility of the Lunar Crescent. *The Observatory*. **118**: 65 – 72.
 16. Ilyas, M. 1983b. Danjon Limit of Lunar Visibility: a re-examination. *The Journal of The Royal Astronomical Society of Canada*. **77**.
 17. Bruin, F. 1977. *Dalam* Yallop, B.D. 1998.
 18. Yallop, B.D. 1998. A Method of Predicting the First Sighting of the New Crescent Moon. *Technical Note*. No. 69. HM Nautical Almanac Office, Royal Greenwich Observatory, Cambridge, UK. NAO.