

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah metode observasi dengan cara melakukan pengambilan data bintang ganda visual yang dilaksanakan pada tanggal 2 s.d. 3 Juni 2011 di Observatorium Bosscha. Adapun pengambilan data dilapangan diawali dengan pengambilan citra kalibrasi yang terdiri dari citra *bias* sebanyak 10 buah citra yang diambil pada awal dan akhir pengamatan, citra *dark* dengan waktu integrasi tertentu masing-masing sebanyak 5 buah citra dan citra *flat* sebanyak 5 buah citra diakhir pengamatan. Kemudian dilanjutkan dengan pengambilan citra obyek bintang ganda sebanyak 220 buah citra dari 11 bintang ganda visual yang dapat diamati pada malam pengamatan dan citra *trail* bintang ganda sebanyak 5 buah citra.

Data hasil pengamatan yang diperoleh selanjutnya diolah dengan menggunakan perangkat lunak IRAF, di mana di dalam IRAF itu sendiri terdapat paket-paket pengolahan citra bintang di antaranya paket DAOPHOT yang menghasilkan keluaran berupa koordinat pusat bintang (X_{centre} dan Y_{centre}), magnitudo, dan ID bintang yang berguna untuk menentukan besar separasi sudut bintang yang dihasilkan. Selain itu, terdapat paket TWOSPECT/APTRACE yang

digunakan untuk mengolah citra trail bintang untuk memperoleh konstanta gradien kemiringan *trail* bintang. konstanta gradien kemiringan *trail* ini selanjutnya dimanfaatkan untuk menghitung besar sudut posisi bintang yang dihasilkan.

B. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 2 s.d. 3 Juni 2011 di Observatorium Bosscha, JL. Peneropongan Bintang, Lembang dengan koordinat geografis $107^{\circ} 36'$ Bujur Timur dan $6^{\circ} 49'$ Lintang Selatan serta berada pada ketinggian 1310 meter di atas permukaan laut.

C. Alat dan Bahan

1. Alat

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Teleskop Refraktor Ganda Zeiss.

Refraktor ganda Zeiss merupakan teleskop terbesar dan tertua di Observatorium Bosscha yang mulai beroperasi sejak 1928. Teleskop ini merupakan jenis refraktor buatan Carl Zeiss Jena dan terdiri dari dua teleskop utama dan satu teleskop pencari (*finder*) di mana medan pandang teleskop pencari adalah 1,5 derajat atau sekitar tiga kali diameter citra Bulan purnama. Diameter teleskop utama adalah 60 cm dan teleskop pencari berdiameter 40 cm. Magnitudo terlemah yang

bisa diamati adalah 14,6 sehingga dalam penelitian astronomi teleskop ini digunakan untuk mengamati: bintang ganda visual, penentuan paralaks, gerak bintang/ anggota gugus, planet, dan komet.

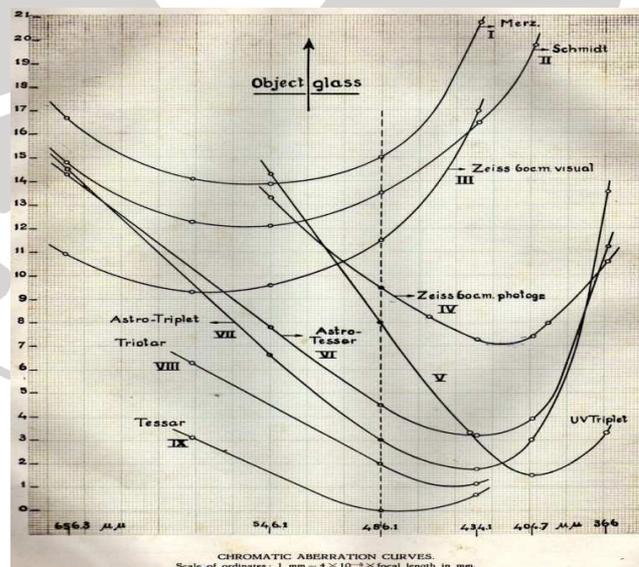
Table 3.1 Spesifikasi teleskop Zeiss

Nama teleskop	Zeiss
Diameter lensa	60 cm
Panjang fokus	1078 cm
Fokus rasio	f/18
Skala bayangan	19"/mm
Daya pisah	0,23"



Gambar 3.1 Teleskop Zeiss

(<http://bosscha.itb.ac.id/>)



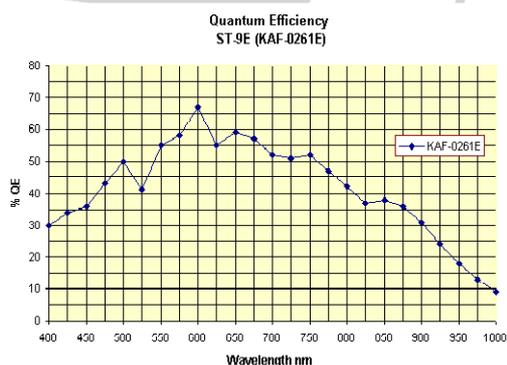
Gambar 3.2 Aberasi kromatis teleskop Zeiss (J. Voute 1933)

b. Kamera CCD SBIG ST-9XE

Observatorium Bosscha mulai menggunakan kamera CCD pada tahun 1994 dengan seri Hamamatsu C3140 CCD (Widjanarko, et.al 1995), dilanjutkan dengan kamera CCD ST-6 yang diproduksi oleh *Santa Barbara Instrument Group* (SBIG), kamera CCD ST7-XE dan yang terbaru adalah kamera CCD ST9-XE yang juga dikeluarkan oleh SBIG. Kamera CCD generasi terbaru ini memiliki kemajuan dibandingkan pendahulunya antara lain dalam hal derau baca yang lebih kecil (15 e- rms) dan ukuran *chip*-nya yang lebih besar (10,2 x 10,2 mm) sehingga bisa menghasilkan citra dengan resolusi yang lebih tinggi (512 x 512 piksel).



Gambar 3.3 Kamera CCD SBIG ST-9XE
(www.sbig.com)

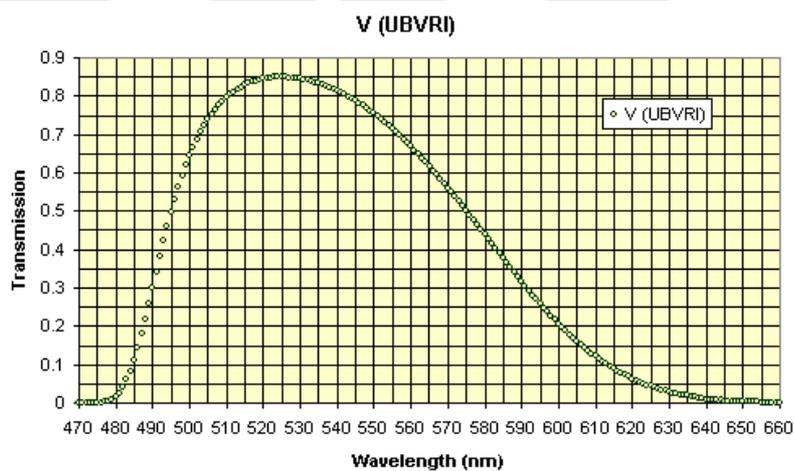


Gambar 3.4 Efisiensi Kuantum CCD
SBIG ST-9XE (www.sbig.com)

Tabel 3.2 Spesifikasi CCD SBIG ST-9XE

CCD	Kodak Enhanced KAF-0261E (Class 1) + Texas Instruments TC-237
Ukuran Citra	512 x 512 piksel 10.2 x 10.2 mm
Jumlah Piksel	262144
Ukuran piksel	20 x 20 μm
Full-Well Capacity	150000 e
Dark Current	$4e^-/\text{piksel/s}$ (0°C)
Tipe <i>Shutter</i>	Elektromekanik
Resolusi <i>Shutter</i>	0,01 s
Konversi AD	16 bits
Gain	$2.2e^-/\text{ADU}$
Read-out Noise	$15e^-$ RMS
Spesifikasi Optik (8" f/10)	
Medan Pandang	17.3 x 17.3 menit busur
Resolusi Piksel	2 x 2 detik busur

- c. Filter Bessel Visual, yang bekerja pada panjang gelombang (470-660)nm



Gambar 3.5 Kurva transmisi filter Bessel Visual (M.S Bessel 1990)

d. Komputer

2. Bahan

Data yang diperlukan dalam penelitian meliputi:

- a. Koordinat ekuatorial α dan δ pada *epoch* yang dipilih menggunakan *epoch* 2000.
- b. *Epoch* pengamatan (t).
- c. Citra yang akan diambil pada saat pengamatan berlangsung berupa:
 - 1) Citra kalibrasi (*Bias*, *Dark* dan *Flat*)
 - 2) Citra *trail* bintang ganda
 - 3) Citra bintang program. Bintang ganda yang digunakan sebagai bintang program diambil dari *Database* Bintang Ganda Observatorium Bosscha yang telah disusun oleh Jasinta (1997).
 - 4) Citra pasangan bintang pembanding. Untuk melihat kecermatan pengukuran digunakan pasangan bintang pembanding. Pasangan bintang ganda yang digunakan sebagai pembanding adalah bintang ganda yang dinyatakan sebagai *Calibration Candidates* dalam katalog WDS. *Calibration candidates* ini merupakan *subset* dari [Sixth Catalog Orbits of Visual Binary Stars](#) (Hartkopf et al. 2001).

- d. *WDS catalog (Washington Double Stars Catalog)*, merupakan katalog khusus bintang ganda yang diterbitkan oleh Observatorium Naval, Amerika Serikat. Katalog ini disusun oleh Brian D. Mason, Gary L. Wycoff dan William I. Hartkopf. Katalog ini berisi informasi astrometrik bintang ganda (asensio rekta, deklinasi, magnitudo, separasi sudut, sudut posisi, tipe spektrum) berdasarkan epoch 2000 (J2000), berisi 103.861 pasangan bintang ganda yang sudah diidentifikasi. *WDS catalog* ini akan dijadikan patokan dalam mengukur separasi sudut dan sudut posisi bintang ganda visual.

D. Prosedur Penelitian

1. Prosedur Pengamatan

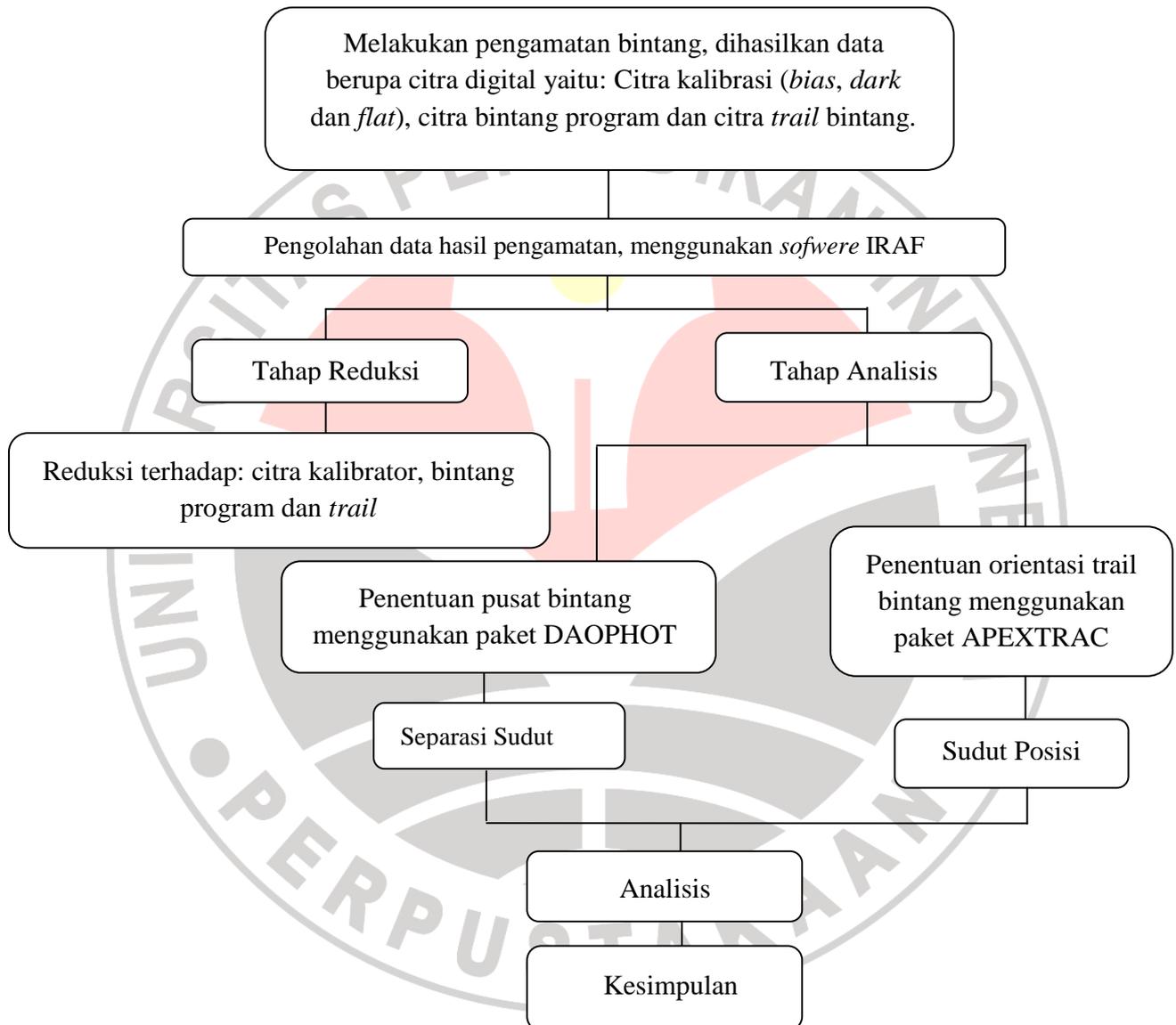
Dalam penelitian ini dilakukan prosedur standar pengamatan astronomi, yaitu:

- a. Menghubungkan teleskop dengan komputer serta mensinkronkan waktu (LST – *Local Siderial Time* dan UT – *Universal Time* pada komputer).
- b. Melakukan pengecekan/pemasangan filter Bessel V pada kamera CCD, pemasangan kamera CCD pada teleskop dan menghubungkan kamera CCD ke komputer.
- c. Mengatur temperatur kamera CCD ($\sim -10^0$ C).
- d. Memulai pengambilan citra *bias* awal sebanyak 5 buah citra.

- e. Memulai pengambilan citra bintang ganda sebanyak 20 buah citra untuk masing-masing bintang.
- f. Pengambilan citra *dark* untuk bintang ganda pada langkah no.6 sebanyak 5 buah citra.
- g. Ulangi langkah no. 6 dan 7 untuk bintang ganda yang lain.
- h. Pengambilan citra trail sebanyak 5 buah citra.
- i. Diakhir pengamatan, melakukan pengambilan citra *flat field*, pengambilan citra *dark* untuk citra *flat* dan pengambilan citra *bias* akhir masing-masing 5 buah citra.
- j. Menyesuaikan temperatur kamera CCD dengan temperatur ruangan.
- k. Melepas hubungan-hubungan elektrik, mengembalikan instrumen ke tempat semula dan mengisi *log book* untuk memberikan catatan jalannya pengamatan yang telah dilakukan.

2. Pelaksanaan Penelitian

Alur proses penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:



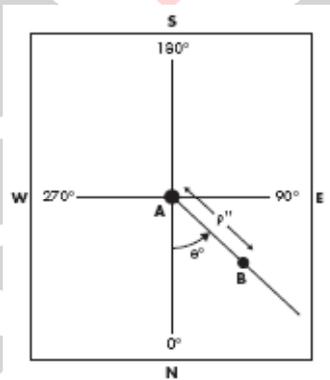
Gambar 3.6 Diagram Alur Penelitian

E. Perhitungan Separasi Sudut Bintang Ganda Visual

Parameter yang dihasilkan dari pengolahan data menggunakan paket DAOPHOT berupa koordinat (dalam satuan piksel) pusat bintang primer dan sekunder, masing-masing (x_A, y_A) dan (x_B, y_B) . Koordinat pusat bintang ini digunakan untuk menentukan separasi sudut bintang ganda visual. Untuk menentukan separasi sudut terlebih dahulu ditentukan separasi linier dari bintang ganda. Separasi linier merupakan jarak pisah bintang ganda dalam satuan linier (millimeter). Harga separasi linier (dalam satuan mm) antara kedua bintang dalam arah baris Δx dan kolom Δy menjadi:

$$\Delta x = 0.02(x_A - x_B) \quad (3.1)$$

$$\Delta y = 0.02(y_A - y_B) \quad (3.2)$$



Gambar 3.7 Penampakan bintang pada medan pandang teleskop

Berdasarkan gambar 3.7, harga separasi linier maupun harga sudut posisi bintang ganda visual dapat ditentukan melalui hubungan *trygonometri* yaitu:

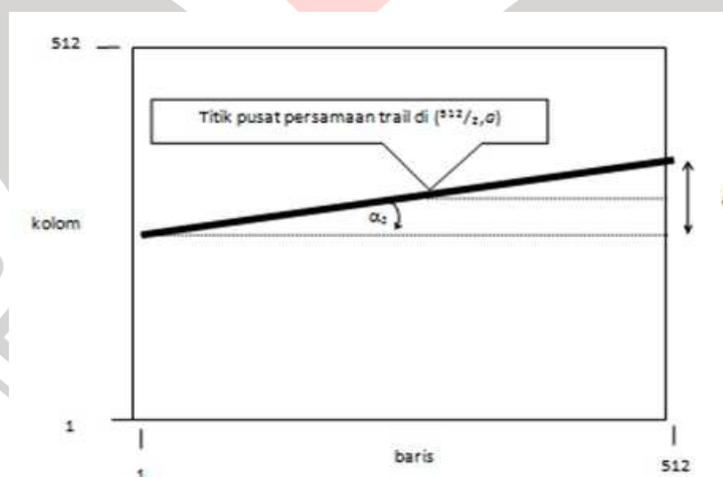
$$\rho = [\Delta X^2 + \Delta Y^2]^{\frac{1}{2}} \times \text{skala bayangan} \quad (3.3)$$

Adapun ketidak pastian perhitungan separasi linier diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma = \left\{ \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\rho_i - \bar{\rho})^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (3.4)$$

Di mana N adalah jumlah citra bintang ganda visual, ρ_i adalah besar separasi linier bintang ganda visual dan $\bar{\rho}$ adalah separasi sudut rata-rata bintang ganda visual.

F. Perhitungan Sudut Posisi Bintang Ganda Visual



Gambar 3.8 Persamaan trail bintang SHJ 243 AB di $y=a+bx$

Untuk menentukan sudut posisi bintang ganda visual diperlukan orientasi citra trail bintang terhadap baris citra. Citra trail berfungsi untuk menentukan arah timur-barat bintang dan gradiennya terhadap citra bintang.

Persamaan trail $y=a+bx$ adalah persamaan yang mempunyai titik pusat di kolom tengah citra (lihat gambar 3.8).

Harga sudut posisi diperoleh dari penjumlahan sudut antara α_1 dan α_2 . α_1 merupakan besar sudut yang dibentuk oleh kemiringan garis citra trail, α_2 merupakan besar sudut yang diperoleh dari pengolahan data menggunakan paket DAOPHOT.

Berdasarkan gambar 3.8, harga α_1 diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$\alpha_1 = \arctan \left(bx \frac{512}{2} \right) \quad (3.5)$$

Berdasarkan gambar 3.7, harga α_2 diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$\alpha_2 = \arctan \frac{\Delta X}{\Delta Y} \quad (3.6)$$

Dengan demikian, maka besar sudut posisi bintang ganda visual menjadi :

$$\theta = (\alpha_1 + \alpha_2) \quad (3.7)$$

dengan kondisi :

$$\text{jika } \Delta X < 0 \text{ dan } \Delta Y < 0 \text{ maka } \theta = 270 - |\theta|$$

$$\text{jika } \Delta X < 0 \text{ dan } \Delta Y > 0 \text{ maka } \theta = 270 + |\theta|$$

$$\text{jika } \Delta X > 0 \text{ dan } \Delta Y < 0 \text{ maka } \theta = 90 + |\theta|$$

$$\text{jika } \Delta X > 0 \text{ dan } \Delta Y > 0 \text{ maka } \theta = 90 - |\theta|$$

G. Penentuan Skala Bayangan

Sakala bayangan merupakan perbandingan dimensi objek yang kita amati terhadap ukuran bayangan yang tampak pada CCD dengan satuan “/piksel. Harga skala bayangan ini adalah fungsi dari panjang fokus teleskop dan besarnya dapat ditentukan dengan mengamati bintang ganda yang orbitnya sudah diketahui dengan baik yaitu bintang ganda yang dinyatakan sebagai *Calibration Candidates* dalam katalog WDS. *Calibration candidates* ini merupakan *subset* dari [Sixth Catalog Orbits of Visual Binary Stars](#) (Hartkopf et al. 2001).

Besar skala bayangan ditentukan dengan cara membandingkan antara besar separasi sudut yang diperoleh dari elemen orbit dan besar separasi sudut yang diperoleh dari pengukuran, kemudian harga skala bayangan yang diperoleh dari masing-masing pasangan dirata-rata dengan pembobotan. Persamaan yang digunakan adalah

$$\bar{s} = \frac{\sum w_i s_i}{W} \quad (3.8)$$

$$W = \sum w_i \quad (3.9)$$

Di mana W adalah bobot total dan w_i adalah bobot harga skala bayangan masing-masing pasangan, dihitung dengan

$$w_i = \frac{1}{\sigma_{s,i}^2} \quad (3.10)$$

Standar deviasi dalam skala bayangan rata-rata dihitung dengan persamaan

$$\sigma_{\bar{s}} = \left[\frac{\sum w_i (s_i - \bar{s})^2}{(n-1)W} \right]^{1/2} \quad (3.11)$$