

**ANALISIS PERBANDINGAN METODE PENGUKURAN
ASTRONOMICAL UNIT DAN JARAK GALAKSI
MENGUNAKAN ASTRONOMI OBSERVASI DAN
ASTROIMAGEJ**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



Diajukan oleh:

Dwi Rohayati

10620013

Kepada

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2015**



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/272/2015

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Analisis Perbandingan Metode Pengukuran *Astronomical Unit* dan Jarak Galaksi Menggunakan Astronomi Observasi dan AstroImagej

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Dwi Rohayati
NIM : 10620013
Telah dimunaqasyahkan pada : 13 Januari 2015
Nilai Munaqasyah : A-
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Asih Melati, S.Si.,M.Sc.
NIP.198411102011012017

Penguji I

Joko Purwanto, M.Sc
NIP.19820306 200912 1 002

Penguji II

Cecilia Yanuarif, M.Si.

Yogyakarta, 26 Januari 2015
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Plt. Dekan



Khamidinal, S.Si., M.Si.
NIP.19691104 200003 1 002



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Pengajuan Munaqosyah

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Dwi Rohayati

NIM : 10620013

Judul Skripsi : Analisis Perbandingan Metode Pengukuran *Astronomical Unit* dan Jarak Galaksi Menggunakan Astronomi Observasi dan AstroImageJ

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Fisika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya saya ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 8 Desember 2014

Pembimbing

Asih Melati, M.Sc

NIP. 19841110 201101 2 017

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Yogyakarta, 16 Desember 2014

Yang menyatakan



Dwi Rohayati
10620013

MOTTO

JURUS TANDUR

Maju Terus Pantang Mundur

"Bukankah Dia mendapatimu sebagai seorang yatim, lalu Dia melindungimu. Dan Dia mendapatimu sebagai seorang yang bingung, lalu Dia memberikan petunjuk. Dan Dia mendapatimu sebagai seorang yang kekurangan, lalu Dia memberikan kecukupan."

(Q.S. Adh Dhuha : 6-8)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

Bagi DIA Sang Maha Pintar yang menciptakan segala keteraturan alam

Kedua orang tuaku tercinta, Sarno dan Lasinem yang telah berjuang, membesarkan dan mendidiku dengan penuh keikhlasan dan kasih sayang

Saudara tercinta, Siti Nurul Hidayah

Orang-orang terkasih yang telah memberikan dukungan, doa dan semangat

Saudara di Fisika (Seluruh angkatan 2010)

*Almamaterku tercinta Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufiq serta hidayah-Nya yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan Judul “**Analisis Perbandingan Metode Pengukuran *Astronomical Unit* dan Jarak Galaksi Menggunakan Astronomi Observasi dan AstroImageJ**”. Shalawat serta salam tetap terlimpahkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW., yang telah membimbing ummatnya ke jalan yang diridhoi Allah SWT yakni *Diinul Islam*. Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini, penulis banyak memperoleh bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Kedua orang tuaku beserta keluarga besar tercinta atas panjatan doa dan pengorbanannya dalam merawat dan mendidik hamba demi mendapat ridha Allah.
2. Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Frida Agung Rohmadi, M.Sc selaku Ketua Program Studi Fisika.
4. Ibu Retno Rahmawati, M.Si selaku Dosen Penasehat Akademik.
5. Ibu Asih Melati, M.Sc Selaku dosen pembimbing yang penuh perhatian, ketelatenan, kesabaran dalam memberikan bimbingan dan arahan serta telah

bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, pengarahan selama proses skripsi ini berlangsung.

6. Joko Purwanto M.Sc dan Cecilia Yanuarief M.Si selaku Dosen Penguji Skripsi
7. Para Dosen Program Studi Fisika yang telah memberikan ilmunya kepada saya, semoga bermanfaat dunia dan akhirat.
8. Teman-teman Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga angkatan 2010.

Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu. Tiada ucapan yang dapat penulis haturkan kecuali “*Jazaakumullah Ahsanal Jazaa*” semoga semua amal baiknya diterima oleh Allah SWT. Dengan bekal dan kemampuan terbatas, tiada kata selain harapan semoga penelitian ini bermanfaat sesuai dengan maksud dan tujuannya. Amiin Ya Robbal Alamiin.

Wassalamu’alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Yogyakarta, Januari 2015

Penulis

**ANALISIS PERBANDINGAN METODE PENGUKURAN
ASTRONOMICAL UNIT DAN JARAK GALAKSI MENGGUNAKAN
ASTRONOMI OBSERVASI DAN ASTROIMAGEJ**

**Dwi Rohayati
10620013**

INTISARI

Pengukuran jarak astronomi dinilai mustahil dilakukan saat ini, banyak kalangan umum beranggapan bahwa hal ini hanya bisa dilakukan dengan teknologi radar yang canggih. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara pengukuran AU dan jarak galaksi SMC (*Small Magellanic Cloud*) 43522 dengan mudah dan murah yaitu menggunakan AstroimageJ dan observasi serta menganalisa perbandingan hasil pengukuran kedua metode tersebut. Metode pengukuran AU dengan menggunakan AstroImageJ meliputi penentuan beberapa karakteristik Matahari dan observasi Solarscope menggunakan data transit Venus pada 8 Juni 2004 untuk kota Jakarta ($6^{\circ} 10' \text{ LS}$, $106^{\circ} 49' \text{ BT}$) dan kota Roma ($41^{\circ} 56' \text{ LU}$, $12^{\circ} 30' \text{ BT}$). Sedangkan pengukuran jarak galaksi SMC 43522 dengan menggunakan AstroImageJ meliputi penentuan sifat fisik Cepheid dan metode perhitungan Cepheid sebagai *standard candle*. Hasil pengukuran AU dengan AstroImageJ sebesar $158.688.199,5 \pm 227.194 \text{ km}$ dan hasil pengukuran dengan formula pada Solarscope adalah $146.777.724 \pm 14.677.772,4 \text{ km}$. Sedangkan hasil pengukuran SMC 43522 menggunakan AstroImageJ yaitu $74,53 \pm 14,9 \text{ kpc}$ dan hasil pengukuran dengan perhitungan Cepheid sebesar $40,7 \pm 0,001 \text{ kpc}$. Hasil pengukuran AU dengan Solarscope lebih mendekati nilai AU yang dinyatakan oleh NASA yaitu $149.597.870,691 \text{ km}$ dan pengukuran jarak SMC 43522 dengan AstroImageJ lebih mendekati nilai yang dinyatakan oleh EU-HOU yaitu 61 kpc . Sehingga penelitian ini mampu menjawab keterkaitan antara astronomi observasi, astronomi komputasi dan astronomi teori.

Kata kunci: *Astronomical Unit (AU)*, SMC 43522, AstroImageJ, Solarscope, *Standard Candle*

COMPARATIVE ANALYSIS OF DISTANCE MEASUREMENT METHOD ASTRONOMICAL UNIT AND GALACTIC DISTANCE USING THE ASTRONOMY OBSERVATION AND ASTROIMAGEJ

Dwi Rohayati
10620013

ABSTRACT

Measuring astronomical distances are impossible doing now, people generally assumed that it is only have been done with advance radar technology. The purpose of this study are determines how to measuring AU and galaxy distance of SMC (Small Magellanic Cloud) 43522 using AstroImageJ and astronomy observation. Moreover we will compare two methods with effectively. For AU measurements using AstroImageJ includes determining several characteristics of the Sun and measurement by Solarscope observation using the data transit of Venus on June 8, 2004 for Jakarta (6° 10' S, 106° 49' E) and Rome (41° 56' N, 12° 30' E). While measurements of galaxy distances of SMC 43522 using AstroImageJ involves determining characteristic of Cepheid and Cepheid calculation method using standard candle. The results of this research are $158,688,199.5 \pm 227,194$ km for AU using AstroImageJ measurement and $146,777,724 \pm 14,677,772.4$ km using formula in Solarscope. While the results of the SMC 43522 measurements using AstroImageJ is $74.53 \pm 14,9$ kpc and measurement results with Cepheid calculation of $40.7 \pm 0,001$ kpc. The conclusion of this research are measurement AU using Solarscope is closer with and calculating galaxy distance using AstroImageJ are closer to the value expressed by NASA that 149,597,870.691 km and the result of galaxy distance using Cepheid calculation method as standard candle is closer to the value that stated the EU-HOU that 61 kpc. So this study was able to answer the relationship between astronomical observations, computational astronomy and astronomical theory.

Keywords: Astronomical Unit (AU), SMC 43522, AstroImageJ, Solarscope, Standard Candle

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
INTISARI	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I: PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	6
1.3 Batasan Masalah	7
1.4 Rumusan Masalah	7
1.5 Tujuan Penelitian	8
1.6 Manfaat Penelitian	8
1.7 Sistematika Penulisan	9
BAB II: Landasan Teori	
2.1 Tinjauan Pustaka	10
2.2 Dasar Teori	12
2.2.1 <i>Astronomical Unit</i> (AU)	12
2.2.2 Jarak Galaksi	14
2.2.3 Macam-macam Pengukuran Jarak	15
2.2.3.1 Transit Venus	15
2.2.3.2 Bintang Variabel Cepheid	18

2.2.3.3 Paralaks Trigonometri	19
2.2.3.4 Paralaks Spektrokopi	20
2.2.4 Solarscope	21
2.2.5 AstroImageJ	22
2.2.5.1 Pengertian	22
2.2.5.2 Toolbar AstroImageJ	23
2.2.5.2.1 Astro-Mode Icon	23
2.2.5.2.2 Data Processing Icon	24
2.2.5.2.3 Multi-Aperture (MA)	24
2.2.5.2.4 Multi-Plot Icon	25
2.2.5.2.5 Open Data Icon	25
2.2.5.2.6 Coordinate Converter Icon	25
2.2.5.2.7 Single Aperture Photometry Icon	26
2.2.5.3 Metode Pengukuran Jarak Matahari dengan AstroImageJ	26
2.2.5.3.1 Diameter Sudut Matahari	27
2.2.5.3.2 Mengukur Periode Rotasi Matahari	29
2.2.5.3.3 Mengukur Kecepatan Rotasi Matahari	32
2.2.5.4 Metode Pengukuran Jarak Galaksi dengan AstroImageJ	34
2.2.5.4.1 Data Gambar	36
2.2.5.4.2 Mengukur Periode Denyut (<i>Pulsation Period</i>)	39
2.2.5.4.3 Menurunan Luminositas	42
2.2.5.4.4 Mengukur Kecerahan Rata-rata	43
2.2.5.4.5 Rangkuman dalam Perhitungan Jarak Galaksi	44

BAB III: METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	46
3.1.1 Tempat Penelitian	46
3.1.1 Waktu Penelitian	46
3.2 Alat dan Bahan	46
3.2.1 Alat Penelitian	46
3.2.2 Bahan Penelitian	46
3.3 Alur Penelitian	47
3.4 Prosedur Penelitian	47

3.4.1 Transit Venus	48
3.4.2 <i>Software</i> AstroImageJ	49
3.4.2.1 Pengukuran Jarak Matahari	49
3.4.2.2 Pengukuran Jarak Galaksi	50
3.4.3 Bintang Variabel Cepheid	51

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil	52
4.1.1 Pengukuran <i>Astronomical Unit</i> Menggunakan AstroImageJ	52
4.1.1.1 Diameter Sudut Matahari	52
4.1.1.2 Periode Rotasi Matahari	53
4.1.1.3 Kecepatan Rotasi, Jari-jari Matahari R dan AU	54
4.1.2 Pengukuran <i>Astronomical Unit</i> Menggunakan Transit Venus 8 Juni 2004	54
4.1.3 Pengukuran Jarak Galaksi (SMC (<i>Small Magellanic Cloud</i>) 43522) Menggunakan AstroImageJ	55
4.1.3.1 Periode Denyut (<i>Pulsational Period</i>) Cepheid	55
4.1.3.2 Luminositas Cepheid	55
4.1.3.3 Kecerahan Cepheid dan Jarak Cepheid SMC 43522	56
4.1.4 Pengukuran Jarak Galaksi (SMC 43522) Menggunakan Perhitungan Cepheid sebagai <i>Standard Candle</i>	56
4.2 Pembahasan	57
4.2.1 Pengukuran <i>Astronomical Unit</i> Menggunakan AstroImageJ	58
4.2.1.1 Diameter Sudut Matahari	58
4.2.1.2 Periode Rotasi Matahari	61
4.2.1.3 Kecepatan Rotasi, Jari-jari Matahari R dan AU	64
4.2.2 Pengukuran <i>Astronomical Unit</i> Menggunakan Transit Venus 8 Juni 2004	65
4.2.3 Analisis Perbandingan	68
4.2.4 Pengukuran Jarak Galaksi (SMC (<i>Small Magellanic Cloud</i>) 43522) Menggunakan AstroImageJ	72
4.2.3.1 Periode Denyut (<i>Pulsational Period</i>) Cepheid	73
4.2.3.2 Luminositas Cepheid	76

4.2.3.3 Kecerahan Cepheid dan Jarak Cepheid SMC 43522	.77
4.2.5 Pengukuran Jarak Galaksi (SMC 43522) Menggunakan Perhitungan Cepheid sebagai <i>Standard Candle</i>79
4.3.6 Analisa Perbandingan80
BAB V: PENUTUP	
5.1 Kesimpulan83
5.2 Saran84
DAFTAR PUSTAKA85
LAMPIRAN-LAMPIRAN87



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Dataset gambar	37
Tabel 3.1 Konstanta A, B dan C menurut waktu kontak pada transit venus 8 Juni 2004	48
Tabel 4.1 Pengukuran diameter sudut matahari menggunakan kamera <i>pin-hole</i> pada tanggal 20 Oktober 2014 pukul 14:00 WIB	52
Tabel 4.2 Data posisi sunspot 2158 dalam posisi X pada tanggal 4-15 September 2014	53
Tabel 4.3 Keadaan lokal waktu transit dalam UT (<i>Universal Time</i>) untuk kota Jakarta (Indonesia) dan Roma (Italia) pada Transit Venus 8 Juni 2004.....	54
Tabel 4.4 Daftar kejadian transit dan intervalnya	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Ilustrasi dari <i>Astronomical Unit</i> (AU), jarak dari Bumi ke Matahari	12
Gambar 2.2 Ilustrasi jarak dari Bumi ke galaksi	14
Gambar 2.3 Transit Venus yang diambil dari Stasiun Luar Angkasa Internasional	17
Gambar 2.4 Pengukuran jarak bintang dengan menggunakan paralaks trigonometri	19
Gambar 2.5 Solarscope	21
Gambar 2.6 Detail Solarscope	22
Gambar 2.7 Toolbar AstroImageJ dengan tool AstroImageJ pada sisi kanan	23
Gambar 2.8 Geometri dari pergerakan Bumi mengelilingi Matahari	26
Gambar 2.9 Menentukan setengah diameter sudut Matahari W menggunakan kamera lubang jarum	28
Gambar 2.10 Gambar optik dari matahari yang diambil 3 hari terpisah dengan kamera MDI SOHO	30
Gambar 2.11 Plot grafik dari spectrum Matahari sekitar 630 nm	33
Gambar 2.12 Printscreen dari Aperture Photometry Parameters	40
Gambar 2.13 Printscreen jendela <i>Measurement</i>	41
Gambar 2.14 Hubungan Periode-Luminositas Cepheid	43
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian untuk pengukuran <i>Astronomical Unit</i> dan jarak galaksi	47
Gambar 3.2 Diagram alir pengukuran diameter sudut Matahari	49
Gambar 4.1 Plot nilai pixel X versus waktu sunspot	53
Gambar 4.2 Garis emisi hydrogen pada Matahari	54
Gambar 4.3 Kurva cahaya kecerahan (<i>brightness</i>) versus waktu pengamatan Cepheid terhadap bintang referensi	55

Gambar	Halaman
Gambar 4.4 Hubungan Periode-Luminositas Cepheid filter V	55
Gambar 4.5 Kurva cahaya bintang variabel Cepheid di SMC pada periode 11 hari	56
Gambar 4.6 Ilustrasi penentuan setengah diameter sudut Matahari W menggunakan kamera pin-hole	58
Gambar 4.7 (a) Kamera <i>pin-hole</i> yang digunakan pada penelitian	59
Gambar 4.7 (b) Gambar Matahari yang terlihat pada layar proyeksi	60
Gambar 4.8 (a) Gambar sunspot Matahari pada tanggal 14 September 2014	62
Gambar 4.8 (b) Gambar sunspot Matahari pada tanggal 15 September 2014	62
Gambar 4.8 (c) Gambar sunspot pada <i>software</i> AstroImageJ	63
Gambar 4.9 Peta dunia yang menunjukkan wilayah kenampakan untuk transit Venus 2004 melewati piringan Matahari	67
Gambar 4.10 Peta dunia dengan pergeseran posisi Matahari	71
Gambar 4.11 Cepheid 43255 dan 3 bintang sebagai “bintang pembanding” atau bintang acuan	73
Gambar 4. 12 Contoh gambar yang menunjukkan aperture yang khas	74
Gambar 4.13 Gambar Cepheid dan bintang acuan yang telah dihitung dengan Aperture Photometry	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Plot Pengamatan Periode Rotasi Matahari	87
2. Perhitungan Kecepatan Rotasi v_{rot} , Jari-jari Matahari R, dan AU	88
3. Perhitungan AU Menggunakan Metode Delisle	88
4. Flux dan Jarak Cepheid SMC 43522	89
5. Magnitudo Mutlak (M) dan Jarak SMC Menggunakan Cepheid sebagai Standar Candle	90
6. Spreadsheet Analisis Kurva Cahaya Cepheid	91



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jarak merupakan panjang lintasan yang menghubungkan dua buah titik, atau panjang lintasan yang dilalui suatu benda dari satu titik ke titik yang lain. Dalam Astronomi, jarak sangatlah penting karena merupakan komponen/ bagian mendasar dari suatu informasi objek-objek astronomi di alam semesta ini. Tanpa jarak, tidak dapat diketahui luminositas intristik dari suatu objek langit, objek yang hanya bisa dilihat pancaran gelombangnya dengan menggunakan alat spektroskop yang dihubungkan dengan teleskop yang diparameterkan dengan besaran jarak dengan frekuensi gelombang yang dipancarkan dari objek tersebut, tanpa bisa diamati secara seksama dari dekat.

Ada puluhan cara untuk mengukur jarak kosmik, kita dapat mengukur jarak ke bintang dalam galaksi kita sendiri menggunakan metode geometris langsung, mengukur kecerlangan bintang, mengikuti gerakan seluruh kelompok bintang (metode statistik), atau dengan melihat bintang dalam bintang ganda gerhana.

Seperti yang tertulis dalam Al-Qur'an, sebagai pedoman hidup manusia. Bintang di langit dapat dijadikan sebuah petunjuk bagi makhluk yang ada di Bumi. Seperti yang terdapat dalam surah Al-Qur'an berikut.

Surah Al-An'am ayat 96 :

فَالِقُ الْإِصْبَاحِ وَجَعَلَ اللَّيْلَ سَكَنًا وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ حُسْبَانًا ۚ ذَٰلِكَ تَقْدِيرُ

الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ﴿٩٦﴾

Artinya : “Dia menyingsingkan pagi dan menjadikan malam untuk beristirahat, dan matahari dan bulan untuk perhitungan, itulah ketentuan Allah Yang Maha Perkasa lagi Maha Mengetahui.” (Yayasan Penyelenggara Penerjemah Al-Qur'an, 2009)

Dalam firman Allah diatas, *الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ حُسْبَانًا* "Dan (menjadikan) matahari dan bulan untuk perhitungan.”

Yang dimaksud adalah, perhitungan untuk jumlah hari-hari, bulan-bulan, dan tahun-tahun [Thalhah, 2013]. Dalam ayat tersebut, Allah menjadikan matahari dan bulan sebagai media perhitungan, dan bintang-bintang sebagai petunjuk untuk perhitungan bagi orang-orang yang mengetahui. Sebagai contoh orang pada zaman dahulu menggunakan bulan dan matahari sebagai media/ alat perhitungan kalender/ penanggalan astronomi. Dan menggunakan bintang-bintang sebagai petunjuk arah saat malam hari. Dalam kaitannya dengan pengukuran jarak astronomi ini, matahari sebagai bintang digunakan untuk pengukuran jarak astronomi, yaitu jarak antara Bumi dan matahari yang menjadi dasar jarak astronomi.

Jarak dari matahari ke bumi disebut *Astronomical Unit (AU)*, dan memiliki nilai yang diterima saat ini dari $149.597.870.691 \pm 30$ meter. Karena jarak dalam astronomi begitu besar, para astronom menggunakan pengukuran ini untuk membawa ukuran dalam skala kecil. Ilmuwan menetapkan jarak dari Bumi

ke Matahari menjadi standar astronomi yang dikenal dengan nama *Astronomical Unit* (AU/ dalam bahasa Indonesia dikenal dengan Satuan Astronomi). Sebagai contoh, Bumi adalah 1 AU dari Matahari, dan Mars adalah 1,523 AU. Itu jauh lebih mudah daripada mengatakan bahwa Mars adalah 227.939.000 km dari Matahari. Menggunakan *Astronomical Unit* bahkan lebih bermanfaat ketika jarak menjadi lebih besar. Seperti jarak ke galaksi lain, misalnya galaksi Messier 31, M31, atau NGC 224, atau yang lebih kita kenal dengan nama Galaksi Andromeda, yang merupakan salah satu galaksi di luar galaksi Bima Sakti. Jarak antara Galaksi Andromeda dan Galaksi Bimasakti sekitar 2,53 juta tahun cahaya, atau sekitar 16 triliyun AU. Karena 1 tahun cahaya (*light years/ ly*) sama dengan 63.240 AU.

Pada abad sebelumnya mengukur jarak adalah masalah mendasar dalam astronomi. Ada beberapa bukti bahwa sejak Yunani kuno, Eratosthenes mungkin telah menemukan nilai yang sangat akurat dari 149 juta km. Pengukuran sukses pertama yang tak terbantahkan, pada tahun 1672, ketika Jean Richer dan Giovanni Domenico Cassini mengukur paralaks dari Mars di dua lokasi yang berbeda di Bumi, dan dari hasil tersebut menyimpulkan nilai 140 juta km untuk AU [Vanderbei, 2010]. Pada abad 18 dan 19, Edmund Halley menemukan metode yang populer untuk mengukur 1 AU, berdasarkan waktu transit Venus langka, yang terjadi kurang dari dua kali per abad. Transit pada tahun 1761 dan 1769 menghasilkan nilai sekitar 153 juta kilometer. Meskipun lebih akurat dari hasil Richer dan Cassini, perkiraan transit ini masih agak meragukan, terutama karena kesulitan secara akurat mengukur waktu hubung, karena fakta bahwa Matahari

meredup di tepi (ekstremitas gelap/ *limb darkening*) dan karena gambar Venus memiliki tepi menyebar [Vanderbei, 2010].

Jarak untuk pengukuran galaksi meliputi orde ribuan tahun sampai jutaan tahun cahaya. Salah satu cara pengukuran jarak galaksi dengan paralaks trigonometri, metode ini hanya dapat mengukur dengan ketepatan yang lumayan, yang mempunyai jarak maksimum pengukuran 100 parsec. Jarak yang relatif kecil untuk jangkauan dari pengamatan kita. Parsec merupakan jarak dimana sebuah bintang memiliki paralaks sebesar 1 *arcsec* (detik busur). $1 \text{ parsec} = 1 \text{ pc} = 206.265 \text{ AU} = 3,086 \times 10^{13} \text{ km} = 3,26 \text{ tahun cahaya}$. Cara penghitungan lain adalah dengan menggunakan rumus yang menghubungkan magnitudo semu, magnitudo mutlak, jarak dan absorpsi. Namun dengan cara ini hanya dapat menghitung sampai jarak 3000-4000 parsec, dimana jarak tersebut merupakan jarak yang lumayan jauh dan cukup untuk perhitungan galaksi. Tetapi dengan cara ini masih dipertanyakan keakuratan perhitungannya.

Keakuratan perhitungan dalam menentukan jarak sangat penting, karena setiap kesalahan yang dibuat pada satu skala biasanya merambat ke skala yang lebih besar pada langkah berikutnya. Tetapi, kemajuan dalam teknik analisis dan pemahaman teoritis diharapkan dapat memberikan pengukuran jarak yang lebih akurat.

Pada zaman modern seperti ini, pengukuran jarak astronomi dilakukan dengan menggunakan teknologi radar yang canggih. Teknologi radar ini sangat canggih, yang itu berarti mahal harganya, dan tidak diperuntukkan masyarakat umum/ hanya digunakan oleh suatu instansi tertentu, dan juga radar tersebut

terbatas pada ruang dan waktu/ memerlukan ruang yang khusus tertentu untuk dapat menggunakannya. Oleh karena itu, walaupun banyak metode yang lebih baik dan lebih akurat, diharapkan ada metode yang sederhana dan cukup akurat untuk mengukur jarak astronomi (*Astronomical Unit* maupun jarak ke galaksi). Metode yang sederhana disini mengacu pada suatu metode yang murah, semua kalangan masyarakat umum mampu menjangkaunya, dapat dilakukan dimana saja, serta dapat menjadi suatu media untuk edukasi bagi siswa SMA maupun SMP.

Untuk membuktikan pengukuran *Astronomical Unit*, secara sederhana dapat dilakukan dengan alat di laboratorium fisika yang belum dimanfaatkan dengan baik, salah satunya yaitu Solarscope, yang mampu menjawab problematika pengukuran jarak astronomi khususnya untuk pengukuran *Astronomical Unit*. Sedangkan jarak ke galaksi dapat diperoleh dengan observasi dari bintang variable Cepheid yang diperoleh dari proyek teleskop OGLE (*Optical Gravitational Lensing Experiment*) sebagai data yang dihitung jaraknya dengan menggunakan *software* AstroImageJ.

Solarscope merupakan alat untuk praktikum astrofisika yang diciptakan oleh Jean G, astronomer dari Universitas De Leur. Alat ini berfungsi untuk mengukur beberapa karakteristik tata surya, salah satunya untuk mengukur *Astronomical Unit*. Dengan menggunakan metode percobaan yang sederhana dan metode visualisasi, pengukuran jarak astronomi akan menjadi menarik dan mudah untuk dipahami.

Astronomi komputasi dilakukan untuk mengkonfirmasi hasil pengukuran astronomi observasi, dengan metode mengambil data rekaman yang diperoleh dari teleskop pengamatan untuk matahari dan objek langit yang lain, metode visualisasi untuk pengukuran *Astronomical Unit* dan jarak ke galaksi menggunakan *software* AstroImageJ. *Software* ini digunakan untuk membantu menganalisa gambar objek astronomi. Dengan *software* ini diharapkan dapat mengukur jarak objek astronomi dengan lebih sederhana dibandingkan dengan metode yang lain. Sehingga penelitian ini mampu menjawab keterkaitan antara astronomi observasi, astronomi komputasi dan astronomi teori.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, bebarapa permasalahan yang muncul dalam pokok bahasan penelitian ini meliputi :

1. Teknologi radar yang mahal harganya, yang tidak diperuntukkan masyarakat umum dan terbatas pada ruang dan waktu/ memerlukan ruang tertentu untuk dapat menggunakannya untuk pengukuran *Astronomical Unit* dan jarak galaksi.
2. Kurangnya pemanfaatan alat praktikum di Laboratorium Fisika, khususnya alat Solarscope.
3. Edukasi astronomi dikalangan akademi mahasiswa dan pelajar SMA dan SMP dirasakan sangat kurang, terutama untuk astronomi observasi.

1.3 Batasan Masalah

Objek dan kajian tentang pengukuran jarak astronomi sangat luas, maka perlu adanya batasan-batasan dalam penelitian. Batasan pada penelitian ini adalah:

1. Pengukuran *Astronomical Unit* menggunakan dua metode, yaitu dengan menggunakan Solarscope dan dengan menggunakan *software* AstroImageJ.
2. Pengukuran jarak galaksi menggunakan metode komputasi, yaitu dengan menggunakan *software* AstroImageJ dan menggunakan analisis perhitungan bintang variabel Cepheid.

1.4 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil perbandingan pengukuran *Astronomical Unit* (AU) menggunakan Solarscope yang dibandingkan dengan hasil pengukuran *Astronomical Unit* (AU) menggunakan *software* AstroImageJ?
2. Bagaimana hasil perbandingan pengukuran jarak galaksi dengan menggunakan *software* AstroImageJ yang dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan metode perhitungan bintang variabel Cepheid?
3. Apakah hasil analisa pengukuran *Asronomical Unit* dan jarak ke galaksi yang menggunakan astronomi observasi dan astronomi komputasi sesuai dengan analisa teoritis?

1.5 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah yang telah diuraikan diatas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Membandingkan pengukuran *Astronomical Unit* (AU) menggunakan Solarscope dengan pengukuran *Astronomical Unit* (AU) menggunakan *software* AstroImageJ.
2. Membandingkan hasil pengukuran jarak galaksi dengan menggunakan *software* AstroImageJ yang dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan metode perhitungan bintang variabel Cepheid.
3. Menganalisa pengukuran *Asronomical Unit* dan jarak ke galaksi yang menggunakan astronomi observasi dan astronomi komputasi sesuai dengan analisa teoritis.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain :

1. Mengetahui perbandingan pengukuran *Astronomical Unit* (AU) menggunakan Solarscope dengan pengukuran menggunakan AstroImageJ
2. Mengetahui perbandingan pengukuran jarak galaksi menggunakan AstroImageJ dengan menggunakan bintang variabel Cepheid
3. Mengetahui analisa pengukuran *Asronomical Unit* dan jarak ke galaksi yang menggunakan astronomi observasi dan astronomi komputasi sesuai dengan analisa teoritis

1.7 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini dibagi menjadi lima bagian utama yaitu pendahuluan, landasan teori, metode penelitian, hasil dan analisis serta penutup. Berikut gambaran umum isi kelima bagian tersebut:

1. Bab I Pendahuluan terdiri dari latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah penelitian, rumusan masalah penelitian, tujuan, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.
2. Bab II Landasan Teori terdiri dari tinjauan pustaka dan dasar teori. Bab II menjadi dasar untuk bab IV terkait pengukuran *Astronomical Unit* (AU) dan jarak ke galaksi.
3. Bab III Metode Penelitian berisi tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan, uraian prosedur kerja penentuan jarak astronomi.
4. Bab IV Hasil dan Pembahasan berisi hasil pengukuran jarak astronomi untuk pengukuran *Astronomical Unit* (AU) dan jarak ke galaksi.
5. Bab V Penutup berisi kesimpulan dan saran penelitian lanjutan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada tujuan penelitian yang telah dipaparkan pada Bab I Pendahuluan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran *Astronomical Unit* (AU) menggunakan *software* AstroImageJ adalah $158.688.199,5 \pm 227.194$ km, dan hasil pengukuran AU menggunakan Solarscope adalah $146.777.724 \pm 14.677.772,4$ km.
2. Hasil pengukuran jarak galaksi SMC 43522 dengan menggunakan *software* AstroImageJ adalah $23 \times 10^{20} \pm 4,6 \times 10^{20} m = 74,53 \pm 14,9$ kpc, dan hasil pengukuran menggunakan metode perhitungan bintang variabel Cepheid adalah $40,7 \pm 0,001$ kpc
3. Hasil analisa pengukuran *Asronomical Unit* yang mendekati nilai yang dinyatakan teori $149.597.870,691$ km adalah hasil pengukuran dengan menggunakan Solarscope yaitu $146.777.724 \pm 14.677.772,4$ km. Hasil analisa pengukuran jarak galaksi SMC 43522 yang mendekati jarak yang dinyatakan oleh EU-HOU (*European Hands-On Universe*) 61 ± 4 kpc adalah hasil pengukuran dengan menggunakan AstroImageJ yaitu $74,53$ kpc.

5.2 Saran

Penelitian ini masih jauh dari sempurna, masih perlu dibenahi untuk mendapatkan kesempurnaan. Untuk penelitian selanjutnya disarankan:

1. Membuat kamera *pin-hole* yang lebih konstruktif dengan menggunakan bahan yang lebih tipis yang digunakan sebagai lensa, agar dalam menentukan diameter sudut Matahari lebih teliti dan lebih mendekati nilai diameter sudut yang dinyatakan teori.
2. Menggunakan plot garis penyerapan spektral Matahari yang lebih jelas dan lebih terbaru (*up to date*) agar pada perhitungan kecepatan rotasi Matahari dapat sesuai dengan yang dinyatakan oleh teori.
3. Menggunakan data transit Venus yang lebih terbaru, agar hasil yang diperoleh sesuai dengan nilai AU sekarang.
4. Menggunakan data Cepheid yang terbaru, agar nilai yang diperoleh sesuai dengan keadaan (jarak) saat ini.
5. Menggunakan kurva cahaya untuk menentukan magnitudo semu (m) yang berasal dari sumber yang sama dengan sumber data Cepheid, agar nilai m yang diperoleh sesuai dengan yang dinyatakan teori.
6. Lebih teliti dalam menggunakan *tool* Aperture Photometry, saat pengukuran kecerahan Cepheid terhadap bintang standar tepat pada bintang yang dimaksud.

Daftar Pustaka

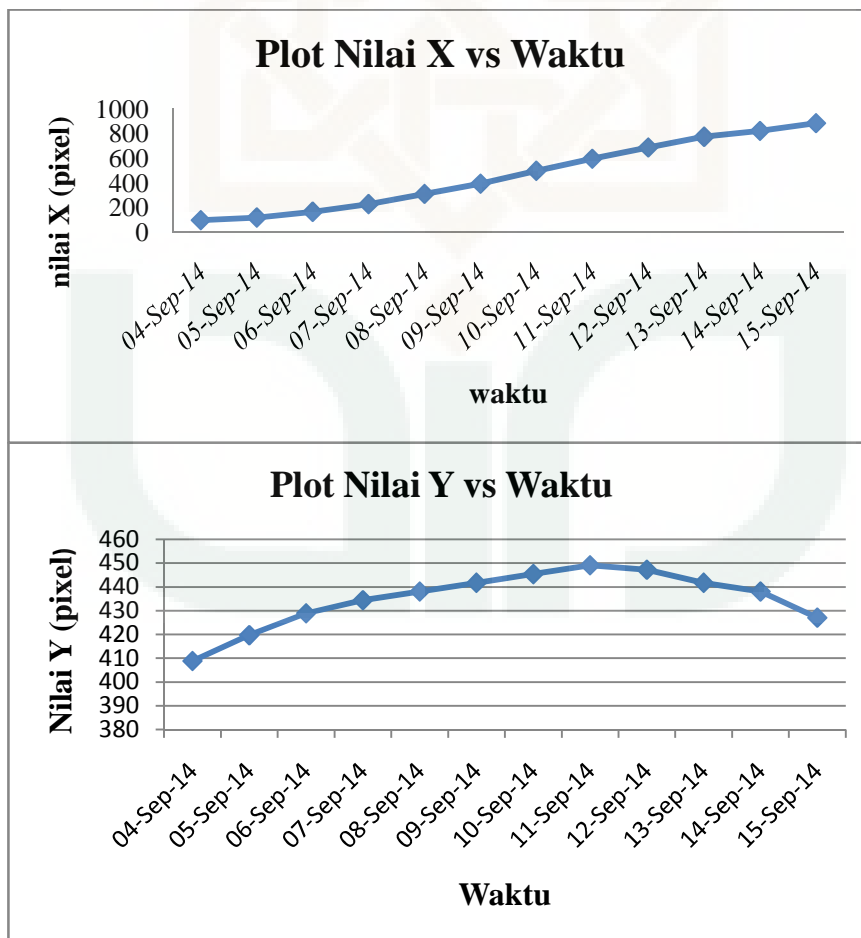
- Bacher, Arntraud dan Christensen, Lars Lindberg. 2008. *The Distance to Messier 100 as Determined by Cepheid Variable Stars*. The ESA/ESO Astronomy Exercises
- El-Dosuky, Muhammad A. 2013. *Veni Vidi Vici, A Three-Phase Scenario For Parameter Space Analysis in Image Analysis and Visualization*. The Computing Science Journal. Vol 1307.6544
- Espenak, Fred. 2004. *The 2004 Transit of Venus*. NASA GSFC: *Observer's Handbook 2004*, Royal Astronomical Society of Canada
- Espenak, Fred. 2004. *Local Circumstance for the World Transit of Venus of 2004 June 08*. NASA GSFC
- Hessman, Frederic V. & Modrow. 2006. *An Introduction to Astronomical Image Processing with ImageJ*, Georg-August-Universität Göttingen
- Melati, Asih. 2014. *Panduan Praktikum Astronomi*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga
- NASA. 2009. *AstroImageJ 2.4.1 User Guide plus Getting Started with Differential Photometry*. Kentucky
- Paczynski, Bohdan. 2009. *Measuring Distance in the Universe: Cepheid*. EU-HOU
- Rakic, A.D, dkk. 1998. *Optical Properties of Metallic Films for Vertical-Cavity Optoelectronic Devices*. The Application Optics Journal. Vol 37, 5271-5283

- Robert, Craig dan Copper, Matthew. 2010. *The Scale of the Solar System: Re-Enacting the Transit Of Venus Observations 5 - 6 June 2012*. Sydney: FIG Congress 2010
- Solarscope, 2004. *Calculation the Astronomical Unity*. Australia
- Thalhah, al Hasyimi. 2013. *Tafsir Ibnu Abbas*. Bandung: Pustaka Azzam
- Udalski, 1999. *BVI photometry of OGLE SMC Cepheids*. OGLE (<http://ogle.astrouw.edu.pl>)
- Vanderbei, Robert J. dan Belikov, Rus. 2010. *Measuring the Astronomical Unit*. Princeton: Princeton Press
- Yoshii, Yuzuru, dkk. 2014. *A New Method for Measuring Extragalactic Distances*. The Astrophysical Journal. Vol 1403.1693

LAMPIRAN-LAMPIRAN

1. Plot Pengamatan Periode Rotasi Matahari

Waktu	Nilai X	Nilai Y
04-Sep-14	97,2616	408,8315
05-Sep-14	119,2832	419,6774
06-Sep-14	165,1613	428,8530
07-Sep-14	227,5556	434,3584
08-Sep-14	310,1362	438,0287
09-Sep-14	392,3871	441,6989
10-Sep-14	497,3190	445,3692
11-Sep-14	594,5806	449,0394
12-Sep-14	686,3369	447,2043
13-Sep-14	772,5878	441,6989
14-Sep-14	820,3011	438,0287
15-Sep-14	882,6953	427,0179



2. Perhitungan Kecepatan Rotasi v_{rot} , Jari-jari Matahari R , dan AU

$$v_{rot} = \left(\frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \right) \times c = \left(\frac{4340,44\text{\AA} - 4340,47\text{\AA}}{4340,47\text{\AA}} \right) \times 299792458 \text{ m/s}$$

$$= 2071,56 \text{ m/s} = 2 \text{ km/s}$$

$$\Delta v = \frac{\sqrt{\left(\left(\frac{\Delta \lambda}{\lambda} \right)^2 + \left(\frac{\Delta \lambda_0}{\lambda_0} \right)^2 \right)}}{v_{rot}^2} = \frac{\sqrt{\left(\left(\frac{0,05}{4340,44} \right)^2 + \left(\frac{0,05}{4340,77} \right)^2 \right)}}{2071^2} = 0,032 \text{ m/s}$$

$$R = \frac{v_{rot} \times P_{rot}}{2\pi} = \frac{2 \text{ km/s} \times 2246400 \text{ s}}{2 \times 3,14} = 715414,01 \text{ km}$$

$$\Delta R = \sqrt{\left(\frac{P_{rot}}{2\pi} \right)^2 \Delta v_{rot}^2 + \left(\frac{v_{rot}}{2\pi} \right)^2 \Delta P_{rot}^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{26}{2,3,14} \right)^2 (7,28 \times 10^{-4})^2 + \left(\frac{2071}{2,3,14} \right)^2 1^2} = 17,845 \text{ km}$$

$$AU = \frac{R}{\sin(W)} = \frac{715414,01 \text{ km}}{\sin 4,5083 \times 10^{-3}} = 158688199,5 \text{ km}$$

$$\Delta AU = \sqrt{\left(\frac{1}{\sin W} \right)^2 \Delta R^2 + \left(\frac{1}{\cos W} \right)^2 \Delta W^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{1}{\sin 4,5 \times 10^{-3}} \right)^2 (17,845)^2 + \left(\frac{1}{\cos 4,5 \times 10^{-3}} \right)^2 0,001^2} = 227194 \text{ km}$$

Keterangan: λ = Emisi Hidrogen pada panjang gelombang (H);

λ_0 = Panjang gelombang rehat H_γ (4340,47Å);

c = Kecepatan cahaya diruang vakum;

P_{rot} = Periode rotasi Matahari = 26 hari = 2.246.400 detik

W = Setengah diameter sudut Matahari

3. Perhitungan AU Menggunakan Metode Delisle

$$AU = \frac{R_T}{t_j - t_i} \frac{1}{a/b - 1} \{ A [\cos \phi_j \cos \lambda_j - \cos \phi_i \cos \lambda_i]$$

$$+ B [\cos \phi_j \sin \lambda_j - \cos \phi_i \sin \lambda_i] + C [\sin \phi_j - \sin \phi_i] \}$$

$$AU = \frac{6364km}{585detik} \frac{1}{1,382 - 1} \{3699000[\cos 106,816 \cos(-6,16) - \cos 12,5 \cos 41,933] + (-343000)[\cos 106,816 \sin(-6,16) - \cos 12,5 \sin 41,933] + 1901000[\sin 106,816 - \sin 12,5]\}$$

$$AU = 146777724km$$

$$\Delta AU = 10\% \times AU = 10\% \times 14677774 = 14677772,4 km$$

Keterangan: R_T = rata-rata jari-jari Bumi = 6364 km

$t_j - t_i$ = selisih waktu kontak untuk kedua lokasi

a/b = 1,382 hasil dari Hukum Kepler Ketiga dalam perkiraan sirkular orbit

A, B, dan C = posisi relatif planet pada saat perkiraan kontak untuk transit 8 Juni 2004

ϕ = Bujur Lokasi

λ = Lintang Lokasi

4. Flux dan Jarak Cepheid SMC 43522

$$R = \frac{C_{Cepheid}}{C_{ref}}$$

$$R = \frac{F_{Cepheid}}{F_{ref}}$$

$$F_{Cepheid} \approx R \times F_{ref} = 1,109 \times 1,31 \times 10^{-14} W/m^2 = 1,45 \times 10^{-14} W/m^2$$

$$d = \sqrt{\frac{L}{4\pi \langle F \rangle_{filter}}} = \sqrt{\frac{96,5 \times 10^{28}}{4,3,14, 1,45 \times 10^{-14}}} \approx \sqrt{\frac{96,5 \times 10^{28}}{1,8212 \times 10^{-13}}}$$

$$= \sqrt{5,298 \times 10^{42}} = 2,3 \times 10^{21} m$$

$$\Delta d = \sqrt{\left(\frac{1}{3\pi F} \left(\frac{L}{4\pi F}\right)^{-1/2}\right)^2 \Delta L^2 + \left(\frac{1}{3\pi F^2} \left(\frac{L}{4\pi F}\right)^{-1/2}\right)^2 \Delta F^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{1}{8,3,14, 1,45 \times 10^{-14}} \left(\frac{96,5 \times 10^{28}}{4,3,14, 1,45 \times 10^{-14}}\right)^{-1/2}\right)^2 (3,86 \times 10^{29})^2 + \left(\frac{1}{8,3,14, 1,45 \times 10^{-14}^2} \left(\frac{96,5 \times 10^{28}}{4,3,14, 1,45 \times 10^{-14}}\right)^{-1/2}\right)^2 (1 \times 10^{-15})^2}$$

$$= 4,63 \times 10^{20} m$$

Keterangan:

R = Rasio perbandingan kecerahan Cepheid terhadap bintang acuan

C_{Cepheid} = Nilai kecerahan Cepheid menggunakan Aperture Photometry

C_{ref} = Nilai kecerahan bintang acuan menggunakan Aperture Photometry

F_{Cepheid} = Flux Cepheid terhadap bintang acuan

F_{ref} = Flux bintang acuan

L = Luminositas Cepheid

D = Jarak galaksi

5. Magnitudo Mutlak (M) dan Jarak SMC Menggunakan Cepheid sebagai Standar Candle

$$M = -2,78 \log P - 1,35 = -2,78 \log 11 - 1,35 = -4,245$$

$$\Delta M = \left| \frac{(-2,78)}{P \ln 10} \right| = \left| \frac{(-2,78)}{11 \ln 10} \right| = 0,109$$

$$d = 10^{0,2(m - M + 5)} = 10^{0,2(13,625 - (-4,245) + 5)} = 10^{4,61} = 40738,027 pc$$

$$\begin{aligned} \hat{d} &= \sqrt{(0,2(5 - M) \ln 10 - m)^2 + (0,2(m + 5) \ln 10 - M)^2} \\ &= \sqrt{(0,2(5 - (-4,245)) \ln 10 - 0,25)^2 + (0,2(13,625 + 5) \ln 10 - 0,109)^2} \\ &= 1,414 pc \end{aligned}$$

Keterangan: M = Magnitudo mutlak (M) Cepheid

m = Magnitudo semu (m) Cepheid untuk periode 11 hari = 13,625

d = Jarak galaksi

6. Spreadsheet Analisis Kurva Cahaya Cepheid

File	Tanggal Waktu dari judul file	Aperture Photometry		Ratio	Waktu [hari]	Waktu per Periode Uji	Fasse Uji
		Perkiraan Cepheid	Perkiraan Bintang Ref	Ceph./Ref.			
Cep-43522-1999-10-24-03-23-25	1999-10-24-03-23-25	96.827.619.048	80.836.666.667	1,197818058	1	0,161	0,161
Cep-43522-1999-10-26-01-41-23	1999-10-26-01-41-23	51.466.375.000	59.679.181.818	0,862384058	3	0,484	0,484
Cep-43522-1999-10-30-02-07-12	1999-10-30-02-07-12	110.482.666.667	92.748.666.667	1,191204905	7	1,129	0,129
Cep-43522-1999-11-02-03-17-50	1999-11-02-03-17-50	92.417.200.000	84.998.842.105	1,087275988	10	1,613	0,613
Cep-43522-1999-11-05-03-11-00	1999-11-05-03-11-00	83.133.090.909	89.524.363.636	0,928608566	13	2,097	0,097
Cep-43522-1999-11-08-04-07-00	1999-11-08-04-07-00	79.590.800.000	80.527.714.286	0,988365319	16	2,581	0,581
Cep-43522-1999-11-10-01-42-37	1999-11-10-01-42-37	95.148.285.714	76.911.043.478	1,237121243	18	2,903	0,903
Cep-43522-1999-11-13-00-40-34	1999-11-13-00-40-34	88.026.705.882	70.908.400.000	1,241414358	21	3,387	0,387
Cep-43522-1999-11-17-01-22-04	1999-11-17-01-22-04	62.038.909.091	52.063.523.810	1,191600271	25	4,032	0,032
Cep-43522-1999-11-20-01-19-30	1999-11-20-01-19-30	95.612.210.526	70.322.000.000	1,359634404	28	4,516	0,516
Cep-43522-1999-11-23-02-55-34	1999-11-23-02-55-34	97.462.400.000	88.728.000.000	1,098440177	31	5,000	0,000
Cep-43522-1999-11-26-01-22-41	1999-11-26-01-22-41	89.155.090.909	93.130.285.714	0,957315767	34	5,484	0,484
Cep-43522-1999-11-27-00-48-33	1999-11-27-00-48-33	55.639.333.333	51.699.176.471	1,076213146	35	5,645	0,645
Cep-43522-1999-11-30-03-15-26	1999-11-30-03-15-26	59.106.823.529	57.692.000.000	1,024523739	38	6,129	0,129
Cep-43522-1999-12-03-02-39-09	1999-12-03-02-39-09	71.438.000.000	59.065.200.000	1,209476985	41	6,613	0,613
Cep-43522-1999-12-05-02-44-18	1999-12-05-02-44-18	79.955.263.158	84.654.400.000	0,944490341	43	6,935	0,935
Cep-43522-1999-12-08-02-25-59	1999-12-08-02-25-59	90.013.111.111	83.272.666.667	1,080944261	46	7,419	0,419
Cep-43522-1999-12-12-01-10-52	1999-12-12-01-10-52	76.590.400.000	63.654.222.222	1,203225761	50	8,065	0,065
Cep-43522-1999-12-14-02-08-45	1999-12-14-02-08-45	73.534.727.273	67.802.000.000	1,084551005	52	8,387	0,387
Cep-43522-1999-12-19-03-23-16	1999-12-19-03-23-16	94.306.800.000	79.272.761.905	1,18964948	57	9,194	0,194

Nilai Rata-rata:

1,109

(dibutuhkan untuk perhitungan flux F)

Periode Uji [hari] :

6,2

