

PENENTUAN KOMPOSISI KIMIAWI ATMOSFER DAN TEMPERATUR EFEKTIF PADA BINTANG VEGA (4.3 Lyr) DENGAN MENGGUNAKAN METODE SPEKTROKOPI ABSORPSI

Fitri Yuliana¹, Zulkarnain^{1,*}, Hakim Luthfi Malasan²

¹Jurusan Fisika, Universitas Riau

²Jurusan Astronomi, Institut Teknologi Bandung

*E-mail korespondensi: zulkarnain22@gmail.com

ABSTRACT

The star spectrum is an information which is thought to be a map of the star. The shape of the spectral line actually shows the nature of the star atmosphere, which is the only part researcher can be reached. The intensities of spectral lines will determine the chemical composition of the stars contained in the atmospheres of the stars. The approach used to determine the chemical composition and the effective temperature of the star is spectroscopy. The spectroscopy method had been done in this study using the GAO-ITB RTS telescope system which consisting of the Celestron C11 telescope, NEO-R 1000 spectrograph and CCD SBIG ST-8 camera. The object studied is Vega (4.3 Lyr) star which has a magnitude of 0.00 that the main sequence star of the A0 spectrum class. The image data obtained then be processed using IRAF software to obtain the final spectrum graph with the y-axis representing the flux in $\text{erg cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ and the x-axis representing the wavelength in units of Å. Furthermore, we match the absorption wavelength on the final spectrum graph to the existing wavelength of the Atomic Spectra Database (ASD) to identify the atmospheric chemical composition of the Vega star. Effective temperature can be calculated by using the Wien shifting laws by find out the maximum wavelength of the final spectrum graph. The most found element in the atmosphere of Vega star was hydrogen (H) that consist of H , H , H , H , and H . The value of effective temperature of the Vega star is 7136 K that has difference percentage of 22.85 % from the mean temperature of A type star.

Keywords: Chemical composition, Effective temperature, Star, Spectroscopy, IRAF

ABSTRAK

Spektrum bintang merupakan informasi yang dianggap sebagai peta cahaya dari bintang. Bentuk garis spektrum yang sesungguhnya memperlihatkan sifat dari atmosfer bintang tersebut, yang merupakan satu-satunya bagian dari bintang yang dapat dijangkau oleh peneliti. Kuat dan lemahnya garis spektrum akan menentukan unsur kimia penyusun bintang yang terkandung pada atmosfer bintang. Pendekatan yang digunakan untuk menentukan komposisi kimia dan temperatur efektif dari bintang adalah spektroskopi. Metode spektroskopi telah dilakukan pada penelitian ini dengan menggunakan sistem teleskop GAO-ITB RTS yang terdiri dari teleskop Celestron C11, spektograf NEO R-1000, kamera CCD SBIG ST-8. Objek yang diteliti adalah bintang Vega (4.3 Lyr) yang memiliki magnitudo sebesar 0,00 yang merupakan bintang deret utama dari kelas spektrum A0. Data citra yang diperoleh diolah menggunakan software IRAF untuk mendapatkan grafik spectrum akhir dengan sumbu-y mewakili fluks dalam $\text{erg cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ dan sumbu-x mewakili panjang gelombang dalam satuan Å. Selanjutnya dilakukan pencocokan antara panjang gelombang garis absorpsi pada grafik spektrum akhir terhadap panjang gelombang yang telah ada pada Atomic Spectra Database (ASD) untuk mengidentifikasi unsur-unsur penyusun atmosfer bintang Vega. Temperatur efektif dapat dihitung menggunakan hukum pergeseran Wien dengan mengetahui panjang gelombang maksimum dari grafik spektrum akhir. Unsur yang paling banyak ditemukan pada atmosfer bintang Vega adalah hidrogen (H) yaitu H , H , H , H , dan H . Temperatur efektif bintang Vega yang telah dihitung adalah sebesar 7136 K yang memiliki persentase perbedaan sebesar 22,85 % dari temperatur rata-rata bintang kelas spektrum A.

Kata kunci: Komposisi kimia, Temperatur efektif, Bintang, Spektroskopi, IRAF

Diterima 17-07-2019 | Disetujui 30-09-2019 | Dipublikasi 31-10-2019

PENDAHULUAN

Bintang adalah salah satu objek langit yang bisa memancarkan cahayanya sendiri. Sebagai komponen dasar penyusun alam semesta, bintang merupakan objek paling fundamental yang perlu dipahami sebelum membahas satuan yang lebih luas seperti galaksi, gugus galaksi maupun alam semesta itu sendiri [1]. Bintang memiliki cahaya yang bersifat polikromatik yaitu terdiri dari banyak panjang gelombang yang biasanya disebut sebagai radiasi elektromagnetik. Radiasi elektromagnetik inilah yang dipancarkan bintang ke alam semesta melalui atmosfer bintang tersebut.

Atmosfer bintang merupakan satu-satunya bagian dari bintang yang dapat dijangkau oleh para peneliti, oleh karena itu atmosfer bintang merupakan penghubung antara pengamat dengan parameter lain dari astrofisika bintang seperti interior dan evolusi bintang [2]. Bagian terluar bintang akan memancarkan radiasi secara langsung dengan membawa informasi tentang sifat-sifat fisis bintang seperti temperatur efektif (T_{eff}), percepatan gravitasi permukaan (g), kecepatan mikroturbulensi (v_{turb}), metalisitas ($[Fe/H]$), tekanan serta komposisi unsur kimia penyusun bintang itu sendiri [3].

Radiasi yang dipancarkan oleh atmosfer bintang merupakan spektrum bintang tersebut. Untuk mempelajari spektrum dari bintang diperlukan sebuah metode atau cara. Studi yang membahas tentang interaksi antara cahaya dengan materi terdiri atas tiga buah metode yaitu fotometri, spektroskopi, dan astrometri, tetapi yang paling populer digunakan hanya dua diantaranya yaitu spektroskopi dan fotometri. Spektroskopi merupakan metode mengenai interaksi cahaya terhadap materi sebagai fungsi gelombang dengan menggunakan hukum-hukum absorpsi, emisi, dan hamburan radiasi elektromagnetik untuk mendapatkan *Spectral Energy Distribution* (SED) dari bintang yang diamati [4].

Komponen dasar dari spektroskopi terdiri dari sebuah spektograf dan kisi difraksi [1]. Alat tambahan seperti lampu pembanding dan kamera CCD juga dapat ditemukan dalam sistem teleskop yang akan digunakan. Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimen di Observatorium Bosscha menggunakan sistem teleskop GAO-ITB RTS yang terdiri dari teleskop, spektograf, kamera CCD, lampu dan komputer. Sistem teleskop akan mengukur spektrum bintang sampel yang terdiri dari masing-masing kelas spektrum yaitu O, B, A, F, G, dan M dengan ketentuan magnitudo lebih kecil dari 4. Citra spektrum dari bintang sampel yang telah direkam oleh kamera CCD akan diolah dengan menggunakan program IRAF dan langkah terakhir adalah mensinkronkan dengan indeks unsur kimia yang telah ada secara manual sehingga komposisi atmosfer dari bintang dapat ditentukan.

Temperatur efektif akan dihitung menggunakan hukum pergeseran Wien setelah panjang gelombang maksimum dari grafik spektrum akhir bintang Vega diketahui. Kemudian akan dihitung besar persentase perbedaan antara nilai temperature efektif dan temperatur rata-rata untuk bintang kelas spektrum A. Langkah terakhir akan diperoleh kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

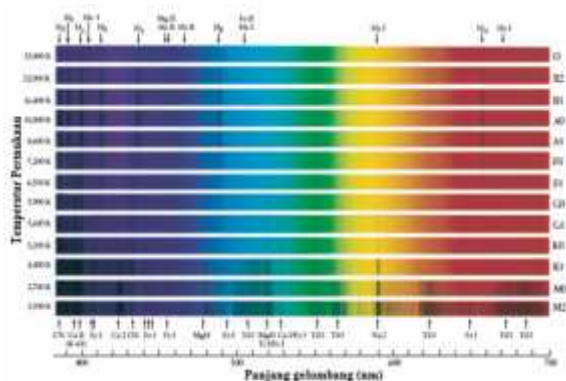
TINJAUAN PUSTAKA

Warna dari bintang telah membantu para astronom untuk menentukan temperatur permukaannya. Guna menentukan sifat-sifat lain dari bintang, para astronom harus menganalisis spektrum cahaya secara lebih rinci. Teknik spektroskopi bintang dimulai sekitar tahun 1817 oleh Joseph Fraunhofer, seorang pembuat instrumen dari Jerman, dengan menggabungkan sebuah spektroskop ke teleskop dan mengarahkannya ke bintang-bintang. Sebelumnya Fraunhofer juga mengamati bahwa Matahari memiliki garis spektrum absorpsi yaitu spektrum kontinu dengan garis absorpsi. Dia menemukan fakta

bahwa bintang-bintang memiliki tipe spektrum yang sama, yang memperkuat gagasan bahwa matahari juga merupakan sebuah bintang. Selain itu Fraunhofer juga menemukan fakta bahwa pola garis absorpsi akan berbeda untuk bintang yang berbeda.

Tahun 1920-an, Cecilia Payne seorang astronom Harvard dan Megnod Sana seorang fisikawan India menunjukkan bahwa urutan spektrum OBAFGKM sebenarnya merupakan urutan temperatur. Bintang terpanas adalah bintang O dan bintang M merupakan bintang terdingin. Garis absorpsi hanya bisa terjadi jika bintang memiliki temperatur permukaan diatas 25.000 K. Fitur spektrum dari bintang M sesuai dengan bintang yang memiliki temperatur permukaan sekitar 3.000 K.

Deret Balmer hidrogen patut diperhitungkan untuk melihat mengapa tampilan bintang sangat dipengaruhi oleh temperatur permukaan bintang. Hidrogen merupakan elemen yang paling melimpah di alam semesta, terhitung tiga per empat massa bintang. Namun deret Balmer tidak selalu muncul pada setiap spektrum bintang. Bintang yang memiliki temperatur permukaan lebih besar dari 10.000 K, atom hidrogennya tidak dapat menghasilkan garis absorpsi. Maka dari itu garis Balmer akan relatif lemah pada tipe bintang panas seperti bintang kelas O dan B2.

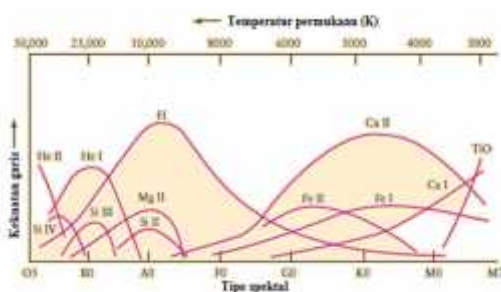


Gambar 1 Pembagian kelas spektrum bintang [5].

Sebaiknya jika atmosfer bintang jauh lebih dingin dari 10.000 K, hanya sedikit dari atom-atom hidrogen yang dapat menyerap foton dari deret Balmer. Akibatnya deret ini hampir tidak dapat ditemui pada spektrum bintang

yang dingin seperti bintang kelas M. Spektrum bintang yang memiliki deret Balmer yang menonjol harus cukup panas untuk merangsang elektron dari keadaan dasar namun tidak terlalu panas sehingga semua atom hidrogen menjadi terionisasi. Temperatur permukaan bintang sekitar 9.000 K akan menghasilkan garis hidrogen terkuat untuk kasus bintang kelas A. Seluruh unsur pada garis spektrum bintang dapat dilihat pada Gambar 1.

Para astronom menggunakan istilah logam untuk mengacu pada semua elemen selain hidrogen dan helium. Penggunaan istilah logam ini sangat berbeda dengan definisi yang digunakan oleh ahli kimia dan ilmuannya. Bagi seorang ahli kimia sodium dan besi adalah logam sedangkan oksigen dan karbon bukan, tetapi bagi seorang astronom semua zat tersebut adalah logam. Logam mendominasi spektrum bintang yang memiliki temperatur permukaan kurang dari 10.000 K. logam terionisasi menonjol antara temperatur 6.000 dan 8.000 K, sedangkan logam netral paling kuat antara temperatur 5.500 dan 4.000 K.



Gambar 2 Profil kekuatan garis absorpsi [5].

Temperatur bintang yang memiliki nilai lebih kecil dari 4.000 K, atom tertentu di atmosfer bintang akan bergabung membentuk molekul (pada temperatur yang lebih tinggi atom bergerak sangat cepat sehingga saat bertabrakan atom-atom tersebut saling memantul sama lain daripada saling menempel untuk membentuk molekul). Molekul-molekul tersebut saling bergetar dan berputar sehingga menghasilkan pita garis spektrum yang mendominasi spektrum bintang [5].

METODE PENELITIAN

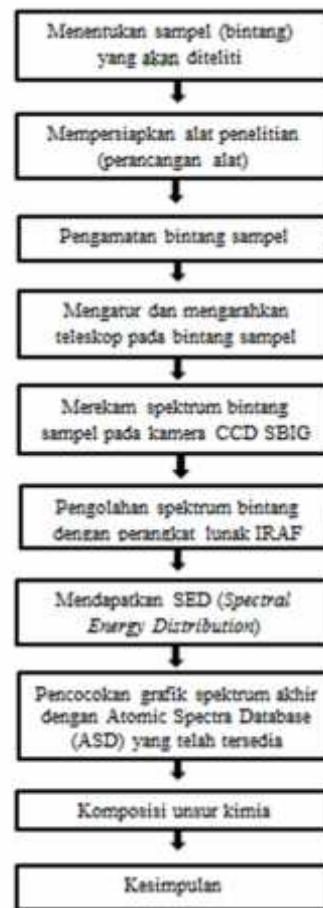
Penelitian dilaksanakan secara eksperimen terhadap objek yang diteliti. Penelitian akan dilakukan di Observatorium Bosscha dengan instrumen khusus dan objek eksperimen yang telah ditentukan sebelumnya yaitu bintang Vega.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem dari teleskop GAO-ITB, yaitu Celestron C11, Spektograf NEO R-1000, kamera CCD SBIG ST-8, lampu Fluorescent Philips Genie Warm White 5W, selain itu terdapat juga komputer. Program komputer seperti IRAF, *Losmandy Gemini System*, CCDops5 dan TheSky dipasang pada komputer. Prosedur dari penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.

Penelitian diawali dengan menentukan bintang yang akan diamati. Langkah berikutnya merupakan kalibrasi dan setting alat, langkah ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat-alat yang akan digunakan berada dalam kondisi prima.

Langkah selanjutnya adalah penyetelan sistem teleskop GAO-ITB dapat dimulai dengan mempersiapkan sistem teleskop itu sendiri. Teleskop ini memiliki penutup berupa atap geser yang berguna untuk melindungi sistem teleskop tersebut, maka langkah kerja awal yang dilakukan adalah membukanya, dilanjutkan dengan mengaktifkan komputer, kamera CCD, spektograf, lampu pembanding dan *Losmandy Gemini System*. Pengaktifan kamera CCD sedikit berbeda, yaitu dibutuhkan program CCDops5.

Langkah selanjutnya adalah mengatur dan mengarahkan teleskop kepada bintang-bintang sampel. Langkah ini disebut dengan pointing. Proses ini memastikan bahwa bintang yang diamati terletak tepat ditengah-tengah bidikan teleskop. Setelah objek yang diamati terbidik dengan tepat langkah selanjutnya adalah merekam spectrum yang dihasilkan pada kamera CCD SBIG ST-8. Proses ini dinamakan *grabbing*, dimana pada proses ini kamera CCD nantinya akan merekam semua citra spektrum bintang sampel yang diamati.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

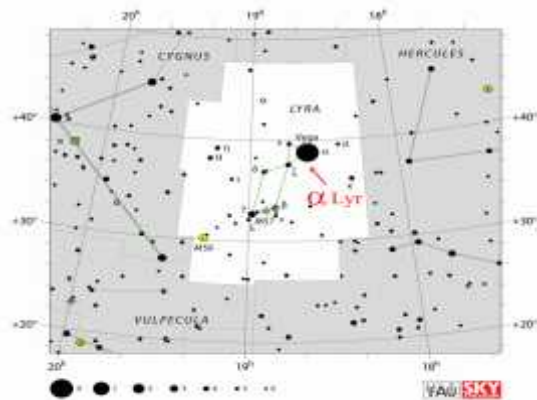
Langkah kelima merupakan pengolahan citra spektrum dengan menggunakan program IRAF. Terdapat tiga buah proses pada langkah kerja ini, pertama yaitu reduksi citra spektrum, dilanjutkan dengan kalibrasi panjang gelombang dan diakhiri dengan kalibrasi fluks. Reduksi citra spektrum adalah proses aritmatika pada program IRAF yang memerlukan dua buah spektrum, yaitu spektrum datar dan spektrum gelap. Reduksi citra spektrum perlu dilakukan agar gambar citra spektrum yang dihasilkan terbebas dari *noise*.

Proses pengolahan spektrum yang kedua adalah kalibrasi panjang gelombang. Proses ini bertugas untuk mengubah satuan skala *pixel* pada spektrum satu dimensi tadi menjadi satuan panjang gelombang. Pengolahan citra IRAF diakhiri dengan proses kalibrasi fluks. Proses ini merupakan langkah kerja untuk memperoleh fluks sebenarnya dari bintang sampel.

Pengolahan citra spektrum menggunakan IRAF akan menghasilkan grafik akhir dengan sumbu-y mewakili fluks dalam $\text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ dan sumbu-x mewakili panjang gelombang dalam satuan \AA . Grafik ini akan dicocokkan dengan Atomic Spectra Database (ASD) yang telah ada dimana database ini memuat informasi unsur-unsur kimia beserta dengan panjang gelombang yang telah diuji di laboratorium. Langkah terakhir adalah mencari panjang gelombang maksimum untuk menghitung temperatur efektif dari objek yang diamati dengan menggunakan hukum Wien. Selanjutnya akan diperoleh kesimpulan dari penelitian.

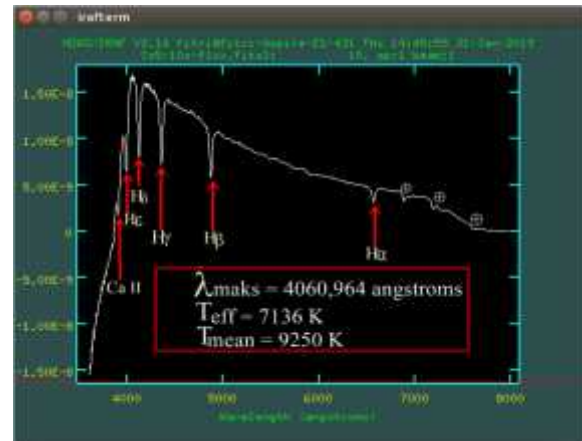
HASIL DAN PEMBAHASAN

Bintang Vega (γ Lyr) adalah bintang tercerah di konstelasi *Lyra* dan bintang tercerah kedua di langit malam belahan utara yang memancarkan spektrum biru keputihan-putihan. Posisi γ Lyr terhadap bintang-bintang lainnya dalam langit malam dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Letak bintang Vega (γ Lyr) di konstelasi Lyra [6].

Pengamatan γ Lyr dilakukan pada tanggal 28 Juli 2018 dengan waktu pengamatan pada pukul 23.54 WIB dengan waktu bukaan lensa selama 10 detik dimana objek γ Lyr memiliki magnitudo 0,00. Spektrum yang diperoleh selanjutnya akan diolah melalui perangkat lunak IRAF hingga diperoleh grafik spektrum akhir. Grafik spektrum akhir γ Lyr dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik spektrum akhir dari bintang Vega (γ Lyr).

Gambar 5 menunjukkan informasi tentang komposisi kimia yang terkandung dalam atmosfer bintang beserta panjang gelombang maksimum, temperatur efektif, dan temperatur mean dari bintang γ Lyr. Bintang ini merupakan bintang kelas spektrum A yang memiliki ciri khas garis hidrogen terkuat.

Bintang golongan A juga mulai menunjukkan sejumlah garis spektral lainnya, seperti yang diketahui dari percobaan laboratorium adalah unsur-unsur yang lebih berat seperti besi (Fe), kalium (Ca) dan banyak unsur lainnya. Garis-garis yang terlihat terbentuk dari ion-ion unsur elemen yang telah kehilangan salah satu elektronnya, diperlukan sekitar 8 eV untuk mengionisasi elemen-elemen tersebut [7]. Garis H-Balmer paling kuat pada bintang kelas A2, selain itu garis H + K Fraunhofer (Ca II) menjadi lebih kuat, garis logam netral juga terlihat sedangkan garis helium (He I) menghilang [8].

Unsur-unsur hidrogen mendominasi sebagian besar komposisi atmosfer bintang kelas A, diantaranya adalah H α , H β , H γ , H δ , dan H ϵ . Perbedaan garis-garis ini berhubungan dengan transisi antara tingkat-tingkat energi atom hidrogen. Berdasarkan tingkatannya bila $n_f = 2$ dan $n_i \geq 3$ maka seluruh garis-garis jatuh di daerah cahaya tampak membentuk deret yang dinamakan deret Balmer. Garis dengan panjang gelombang terbesar terletak di daerah merah, disebut H α yang bersesuaian dengan $n_i = 3$. Selanjutnya H β bersesuaian dengan $n_i = 4$ dan H γ bersesuaian dengan $n_i = 5$.

5 masing-masing terletak di daerah biru dan hijau, demikian seterusnya dan yang paling kecil berada pada daerah UV [9].

Tanda \oplus pada grafik spektrum akhir mewakili absorpsi telurik yaitu penyerapan oleh atmosfer Bumi, jadi tidak termasuk ke dalam fitur intrinsik dari spektrum bintang [10]. Absorpsi telurik sendiri merupakan fitur-fitur absorpsi akibat molekul-molekul di atmosfer Bumi dan dapat diamati pada rentang panjang gelombang visual dan inframerah. Atmosfer Bumi yang mengandung gas alami ozon, oksigen, dan uap air akan menyerap cahaya bintang melewatinya sehingga mengakibatkan kesalahan pada pengukuran panjang gelombang dan kuat garis pada metode spektroskopi. Meskipun begitu, garis absorpsi telurik merupakan acuan untuk mengetahui komposisi atmosfer Bumi bagi sains atmosfer [11].

Faktor lain yang mempengaruhi kualitas citra adalah seeing (turbulensi atmosfer). Seeing dalam astronomi merupakan istilah yang digunakan untuk menunjukkan tingkat penurunan resolusi gambar yang diakibatkan oleh turbulensi atmosfer Bumi. Selain mengandung partikel gas alami, atmosfer Bumi juga terdiri dari beberapa lapisan. Oleh karena itu, cahaya bintang akan melewati beberapa rintangan, sehingga mempengaruhi jalur optiknya. Fluktuasi indeks bias udara sebagai fungsi posisi dan waktu di atas lokasi pengamatan mengakibatkan penurunan kualitas gambar dan bintang terlihat menari-nari [12].

Garis-garis spektrum absorpsi teridentifikasi tidak 100 % berada pada unsur kimia teridentifikasi, terdapat 0,0 % perbedaan antara garis teridentifikasi terhadap garis referensi. Alasan dari tidak terdeteksinya beberapa garis spektral unsur dan perbedaan persentase antara panjang gelombang teridentifikasi terhadap panjang gelombang referensi tidak selalu berarti bahwa unsur tersebut tidak ada. Pertama-tama berdasarkan [13] daftar ASD yang telah ada perlu bertahun-tahun kerja laboratorium untuk menentukan panjang gelombang yang tepat di

mana gas panas dari masing-masing unsur memiliki garis spektrumnya. Kedua, suhu dan tekanan di atmosfer bintang akan menentukan jenis atom apa yang akan menghasilkan garis serapan, hanya jika kondisi fisik dalam atmosfer bintang sedemikian rupa sehingga garis-garis unsur harus (menurut perhitungan) ada di sana maka dapat disimpulkan bahwa tidak adanya garis spektral yang dapat diamati menyiratkan kelimpahan unsur tersebut rendah. Ketiga, spektrum bintang memiliki banyak garis dari sejumlah unsur, dan peneliti harus berhati-hati untuk memilahnya dengan benar karena terkadang alam menempatkan garis-garis dari unsur yang berbeda memiliki panjang gelombang yang sama. Keempat, gerakan bintang dapat mengubah panjang gelombang yang diamati dari masing-masing garis. Sehingga, panjang gelombang yang diamati tidak sama persis dengan pengukuran laboratorium.

Perhitungan telah dilakukan untuk mengetahui besar persentase perbedaan dari nilai tempertur efektif dan temperatur mean untuk Lyr adalah 22,85 %.

KESIMPULAN

Komposisi atmosfer bintang yang diamati hampir sesuai dengan komposisi atmosfer bintang referensi dengan terdapat beberapa unsur yang diamati jika dilihat dari spektrum referensi. Unsur yang paling banyak adalah hidrogen. Temperatur efektif yang diperoleh adalah sebesar 7136 K dengan persentase perbedaan terhadap temperatur mean bintang kelas spektrum A sebesar 22,85 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada kedua orangtua atas kasih saying yang tak pernah pudar. Kepada kedua pembimbing yang selalu membimbing, seluruh keluarga Observatorium Bosscha beserta seluruh pihak yang telah berkontribusi atas penelitian ini.

REFERENSI

1. Arifyanto, M. I. 2015. *Buku Sakti Olimpiade Astronomi*. Bandung: Yrama Widya.
2. Gray, David. F. 2005. *The Observation and Analysis of Stellar Photospheres Third Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.
3. Malasan, Hakim L dan Djoni N. Dawanas. 2003. Klasifikasi Spektrum Bintang Digital Berbantuan Komputer Kinerja Rendah: 1. Bintang Deret Utama. *Jurnal Sains Dirgantaraan* 1(1): 1 – 22.
4. Robinson, Keith. 2007. *Spectroscopy : The Key to the Stars, Reading the Lines in Stellar Spectra*. Scotforth, Lancaster, UK: Springer.
5. Freedman, Roger A and Kauffmann III, William J. 2008. *Universe 8th edition*. New York: W.H Freeman and Company
6. <http://www.iau.org>.
7. Bohm-Vitense, E. 1997. *Introduction to Stellar Astrophysics Vol 1: Stellar Atmospheres*. Springer.
8. Apriliyanti, Ferlia. *Deret Balmer dari Spektrum Atom Hidrogen*. Melalui https://www.academia.edu/15159219/DERET_BALMER_DARI_SPEKTRUM_ATOM_HIDROGEN [June/14/19]
9. Gray, Richard O and Corbally, Christopher J. 2009. *Stellar Spectra Classification*. Woodstock, Oxfordshire, UK: Princeton University Press.
10. Puspitaningrum, E. Puspitarini, L. Malasan, H.L. Ikkal, M.I. dan Aprilia. 2017. Pengukuran Transmisi Atmosferik Berdasarkan Pengamatan Spektroskopik Di Observatorium Bosscha. Seminar Nasional Sains Antariksa, LAPAN, Bandung: 59-65 .
11. Muztaba, R. Putri, A.N.I. Putro, W.S. Birastrri, W. Pratiwi, N. Ramadhan, D.G. dan Malasan, H.L. 2017. Pengukuran Parameter Seeing Pada Situs Pembangunan ITERA Astronomical Observatory (IAO). Seminar Nasional Sains Antariksa, LAPAN, Bandung: 66-72.
12. Fraknoi, A., et al. 2019. *Using Spectra to Measure Stellar Radius, Composition, and Motion*. Melalui [Http://openstax.org/details/books/astronomy](http://openstax.org/details/books/astronomy) [April/11/19]



Artikel ini menggunakan lisensi [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)