

# **PENENTUAN MASSA PLANET JUPITER: OBSERVASI VIRTUAL BERBANTUAN PERANGKAT LUNAK *PROJECT CLEA* DALAM PERKULIAHAN *EARTH AND SPACE SCIENCE* DI PROGRAM STUDI *IPSE* UPI**

J. Aria Utama<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Bumi & Antariksa, Jurusan Pendidikan Fisika  
Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Pendidikan Indonesia (UPI)  
Jl. Dr. Setiabudhi 229 Bandung 40154, Indonesia  
e-mail: [judhistira@yahoo.com](mailto:judhistira@yahoo.com)

## **Abstrak**

Dalam makalah ini disampaikan penerapan pembelajaran berbasis observasi virtual memanfaatkan perangkat lunak CLEA (Contemporary Laboratory Experiences in Astronomy) dalam perkuliahan Earth and Space Science (SE303) bagi mahasiswa tahun pertama program studi IPSE (International Program on Science Education). Sesuai dengan sifat alamiah astronomi sebagai ilmu pengetahuan yang dikembangkan melalui kegiatan observasi langit, kendala yang kerap kali dihadapi adalah minimnya kesempatan untuk dapat memberikan pengalaman kepada peserta didik terkait proses akuisisi data akibat kendala cuaca ataupun durasi kegiatan yang panjang.

Seiring dengan kemajuan di bidang teknologi informatika, perangkat lunak yang mampu mensimulasikan kegiatan observasi astronomi secara interaktif memanfaatkan data yang tersedia dapat membantu mengatasi kendala yang disebutkan di atas. Berdasarkan kuesioner yang disebarkan diperoleh umpan balik bahwa penggunaan perangkat lunak CLEA dalam pembelajaran dinikmati oleh mayoritas peserta perkuliahan, secara umum meningkatkan kemampuan pengolahan dan analisis data, dan mampu memberi pengalaman dalam proses akuisisi data astronomi serta mematangkan pemahaman konsep topik perkuliahan.

**Kata kunci:** *Observasi Virtual, Pembelajaran Astronomi, Perangkat Lunak CLEA*

## **Abstract**

Astronomy learning using CLEA (Contemporary Laboratory Experiences in Astronomy) software in the lecture of Earth and Space Science is considered in this paper. This software simulates astronomical observations interactively so that it can help to overcome weather and long-time duration activity constraint during real observation session. According to the questionnaire in the end of the lecture, student's response about the activity was collected. Most students agree that they enjoyed the activity in astronomy lab session, the activity helped them improving their data analyse skill, and gave them experience in astronomical data acquisition process as well as gave them in-depth understanding about the physical concepts had been given in the lecture.

**Keywords:** *Astronomy Learning, CLEA Software, Virtual Observation*

## PENDAHULUAN

Sejalan dengan sifat alamiah astronomi sebagai *observational science* alih-alih *experimental science*, pembelajaran yang bertujuan memberi kesempatan bagi para peserta didik untuk mengalami langsung proses akuisisi data astronomi melalui kegiatan observasi langit menjadi suatu tantangan tersendiri. Disebut tantangan, karena sebagai pengamat ia tidak dapat mengintervensi fenomena yang terjadi. Seandainya berhadapan dengan fenomena yang periodik sekalipun, kehilangan kesempatan pada kali pertama belum menjamin diperolehnya kesempatan pada kali ke dua dan seterusnya mengingat durasi dari periode pengulangan fenomena tersebut (periode pendek atautkah panjang).

Hal lainnya terkait dengan faktor eksternal yang tidak dapat dikontrol, seperti kondisi cuaca yang tidak bersahabat (misalnya terjadi hujan). Dalam kasus tertentu, kesempatan tersebut juga dibatasi oleh wilayah geografis. Ketika pengamat dan instrumen dalam kondisi siap, fenomena langit yang diburu belum tentu dapat diamati dari lokasi pengamat berada yang kadang membuat perlunya dilakukan ekspedisi. Dalam hal demikian, tentu harus mempertimbangkan pula ketersediaan sumber dana dan pengalokasian waktu yang cermat.

Hake (1998) berpendapat bahwa "*Hands-on activities, usually in a laboratory setting, help students learn through several processes.*" Hal ini terutama karena aktivitas tersebut membantu peserta didik dalam mengklarifikasi konsep dengan cara menerapkan pemahaman mereka terhadap suatu subjek tertentu ke dalam kondisi nyata yang dihadirkan dalam laboratorium.

Beruntung, dengan pesatnya perkembangan teknologi pemindaian elektronik yang dampaknya pun berimbas terhadap astronomi pengamatan, saat ini tersedia data digital dalam jumlah melimpah. Seiring dengan kemajuan di bidang teknologi informatika, perangkat lunak yang mampu mensimulasikan kegiatan observasi astronomi secara interaktif memanfaatkan data yang tersedia, dalam hal ini perangkat lunak

CLEA, dapat membantu mengatasi kendala yang disebutkan di atas.

## PERKULIAHAN EARTH AND SPACE SCIENCE DAN PROJECT CLEA

Dalam struktur kurikulum Program Studi IPSE (*International Program on Science Education*) FPMIPA UPI, dicantumkan perkuliahan *Earth and Space Science* (SE303) yang merupakan mata kuliah wajib pada tahun pertama di semester ke dua dengan beban 3 SKS. Perkuliahan ini tidak mensyaratkan kelulusan dalam mata kuliah tertentu. Dalam perkuliahan subtema sains antariksa, dibahas mengenai bola langit dan pergerakan benda-benda langit, gravitasi universal dan Hukum Kepler, Tata Surya dan sistem keplanetan lain, instrumentasi astronomi (teleskop optik), astrofisika, dan galaksi dan kosmologi (Aria Utama, 2009).

Selama ini pelaksanaan perkuliahan yang diikuti oleh 20–25 mahasiswa menggunakan pendekatan ekspositori dalam bentuk ceramah dibantu dengan simulasi komputer dan penggunaan alat-alat peraga *hands-on* dengan bahasa Inggris sebagai bahasa pengantar. Selama perkuliahan yang berdurasi 150 menit, dalam tatap muka di dalam kelas disisipkan kegiatan berupa laboratorium astronomi yang memberi kesempatan kepada siswa untuk berlatih mengolah dan menganalisis data disesuaikan dengan pembahasan pada pertemuan yang bersangkutan. Pada semester dua tahun akademik 2010–2011 ini, dilakukan uji-coba pemanfaatan perangkat lunak *Project CLEA* dalam topik Gravitasi Universal dan Hukum Kepler. Perangkat lunak yang dimanfaatkan dalam perkuliahan ini adalah *The Revolution of the Moons of Jupiter*.

*Project CLEA* merupakan sebuah proyek sains yang mengembangkan simulasi pengenalan laboratorium astronomi dengan pendanaan dari *National Science Foundation* dan *Gettysburg College* sejak tahun 1992. *Project CLEA* dimaksudkan untuk menghasilkan modul-modul latihan astronomi dengan dua sasaran utama, yaitu penguatan konsep-konsep penting astronomi dan membantu siswa atau

mahasiswa mengalami secara langsung bagaimana para astronom profesional melakukan aktivitas keilmuan mereka (Marschall, tidak dipublikasikan). Material pembelajaran astronomi yang dihasilkan *Project CLEA* didistribusikan secara cuma-cuma melalui situs *web* di alamat berikut: <http://www3.gettysburg.edu/academics/physics/clea/CLEAhome.html>. Paket lengkap perangkat lunak pembelajaran dapat diperoleh dalam bentuk *compact disc* berdasarkan permohonan yang dikirimkan melalui surat elektronik.

Saat ini material pembelajaran tersebut telah diadopsi oleh institusi pendidikan di seluruh negara bagian Amerika Serikat dan di lebih dari 60 negara di dunia (Marschall, tidak dipublikasikan). Sejak 1992 hingga saat ini telah tersedia 15 paket pembelajaran astronomi dengan sebagian besar berupa simulasi teknik yang digunakan dalam riset astronomi menggunakan data digital dan perangkat lunak berbasis sistem operasi *Microsoft Windows*.

### LABORATORIUM ASTRONOMI:

#### *The Revolution of the Moons of Jupiter*

Dalam aktivitas laboratorium astronomi memanfaatkan perangkat lunak *Project CLEA: The Revolution of the Moons of Jupiter*, mahasiswa disimulasikan memiliki akses ke sebuah teleskop layaknya astronom profesional untuk mengamati pergerakan satelit-satelit Galilean (empat satelit terdekat dari Jupiter dan paling terang), yaitu *Io*, *Europa*, *Ganymede*, dan *Callisto*. Tugas yang diemban mahasiswa dalam sesi laboratorium ini adalah memperoleh besaran massa planet Jupiter dari observasi secara virtual terhadap keempat satelit Galilean memanfaatkan Hukum III Kepler yang telah dipelajari dalam perkuliahan.

Sesi laboratorium ini dilengkapi pula dengan Lembar Kerja Mahasiswa (*In-Lab Worksheet*) yang berisi pendahuluan, sasaran, teori dasar, dan prosedur serta sejumlah pertanyaan yang harus dijawab oleh mahasiswa. Sebelum mahasiswa memulai sesi laboratorium ini dengan komputer jinjing masing-masing, terlebih dahulu diberikan sebuah tutorial singkat

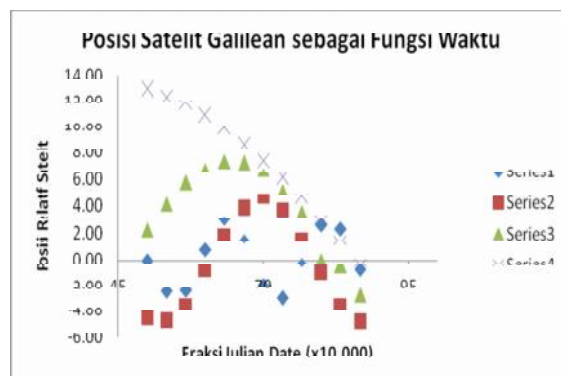
(demonstrasi) oleh dosen pengampu mata kuliah tentang cara mengoperasikan perangkat lunak tersebut. Jendela tampilan perangkat lunak ini diperlihatkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan perangkat lunak “*The Revolution of the Moons of Jupiter*”. Keempat bintang terang di sekitar Jupiter adalah satelit alamiah yang dikenal sebagai satelit Galilean.

### PEMBELAJARAN YANG DIALAMI MAHASISWA

Setelah memperoleh data posisi relatif keempat satelit terdekat Jupiter selama selang waktu tertentu, mahasiswa merajahnya ke dalam bentuk grafik posisi relatif satelit terhadap Jupiter sebagai fungsi waktu (yang dinyatakan dalam *Julian Date* (JD); jumlah hari sejak pukul 12 siang pada 1 Januari 4713 SM). Seluruh mahasiswa dengan mudah dapat mengenali hadirnya pola sinusoidal dari hasil rajah mereka. Contoh hasil rajah ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Rajah posisi relatif terhadap *Julian Date*.

Pola sinusoidal yang baik menunjukkan bahwa orbit satelit mengitari planet induknya berbentuk lingkaran atau nyaris mendekati lingkaran.

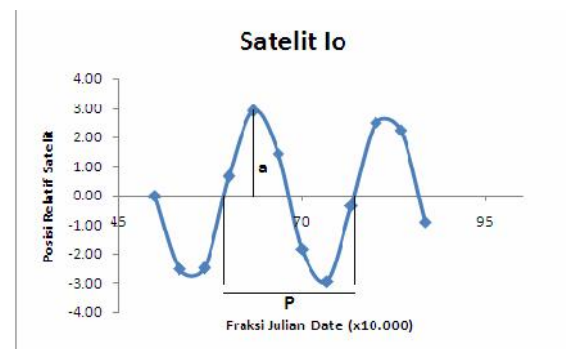
Dari informasi tentang jarak masing-masing satelit terhadap Jupiter, mahasiswa menyadari bahwa satelit dengan orbit terkecil (paling dekat dengan Jupiter) akan memiliki kala edar atau periode orbit yang lebih singkat dibandingkan dengan satelit yang terletak lebih jauh. Dengan interval waktu pengamatan yang mereka tentukan pada awal sesi observasi virtual ini (bervariasi antarmahasiswa, mulai dari 6 jam, 8 jam, hingga 12 jam), data posisi relatif satelit yang terdekat ke Jupiter akan lebih cepat membentuk profil sinusoidal. Dalam Gambar 2, dengan interval waktu antarpengamatan sebesar 8 jam selama 5 hari, satelit Io telah menghasilkan profil tersebut (tanda ♦). Mayoritas mahasiswa mempertanyakan ketiga profil lainnya yang belum sempurna. Dengan bantuan pertanyaan-pertanyaan pengarah, mahasiswa memahami bahwa untuk profil yang belum sempurna pengambilan data harus terus dilanjutkan hingga diperolehnya profil sinusoidal yang sempurna.

Setelah mahasiswa memperoleh profil sinusoidal untuk keempat satelit Galilean, tugas mereka selanjutnya adalah melakukan pencocokan kurva sinus (*sine curve fitting*) dengan bantuan perangkat lunak *Microsoft Excel*. Berdasarkan kurva sinus yang telah didapat, parameter orbit yang hendak ditentukan nilainya adalah setengah sumbu panjang ( $a$ ) dan periode orbit ( $T$ ).

Setengah sumbu panjang ditentukan dari nilai simpangan maksimum atau amplitudo posisi satelit dari pusat Jupiter. Dalam Gambar 2, posisi pusat Jupiter berada di titik asal koordinat (0,0). Nilai simpangan maksimum ini dinyatakan dalam satuan diameter Jupiter (diameter ekuator Jupiter: 142.980 km). Besaran setengah sumbu panjang yang didapat akan menentukan ukuran orbit masing-masing satelit.

Periode adalah selang waktu yang diperlukan untuk kembali ke posisi yang sama di dalam orbit. Dengan demikian, selang waktu antara dua puncak kurva atau antara dua lembah kurva merupakan

periode, yang tidak lain merupakan selisih dari dua nilai *Julian Date* (diilustrasikan dalam Gambar 3). Perolehan nilai setengah sumbu panjang dan periode orbit akan lebih akurat bila dalam sesi pengamatan virtual ini mahasiswa dapat memperoleh beberapa siklus orbit sekaligus untuk masing-masing satelit, dan menggunakan nilai rata-rata untuk kedua besaran tersebut. Hal ini tampaknya tidak disadari oleh seluruh mahasiswa, sehingga nilai setengah sumbu panjang dan periode orbit yang mereka peroleh yang selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan massa Jupiter didasarkan hanya dari satu kurva.



Gambar 3. Ilustrasi penentuan setengah sumbu panjang dan periode orbit dari kurva sinus yang diperoleh.

Sebagai tahap akhir dari aktivitas laboratorium astronomi ini mahasiswa diminta untuk memperoleh nilai massa Jupiter berdasarkan nilai setengah sumbu panjang dan periode orbit yang telah diperoleh dari keempat satelit Galilean menggunakan Hukum III Kepler,

$$M_{\text{Jup}} = \frac{4\pi^2 a^3}{GT^2} \quad (1)$$

Dalam persamaan (1) di atas, setengah sumbu panjang dinyatakan dalam meter (m), periode dalam satuan detik (s), dan massa Jupiter dalam kilogram (kg). Bila menggunakan satuan Surya, di mana setengah sumbu panjang dinyatakan dalam satuan astronomi (AU, *Astronomical Unit*) dan periode dalam tahun, bentuk persamaan (1) menjadi:

$$M_{\text{Jup}} = \frac{a^3}{T^2} \quad (2)$$

Dalam persamaan (2), massa Jupiter yang diperoleh dinyatakan dalam massa Matahari (massa Matahari,  $M_{\odot} = 1,99 \times 10^{30}$  kg).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

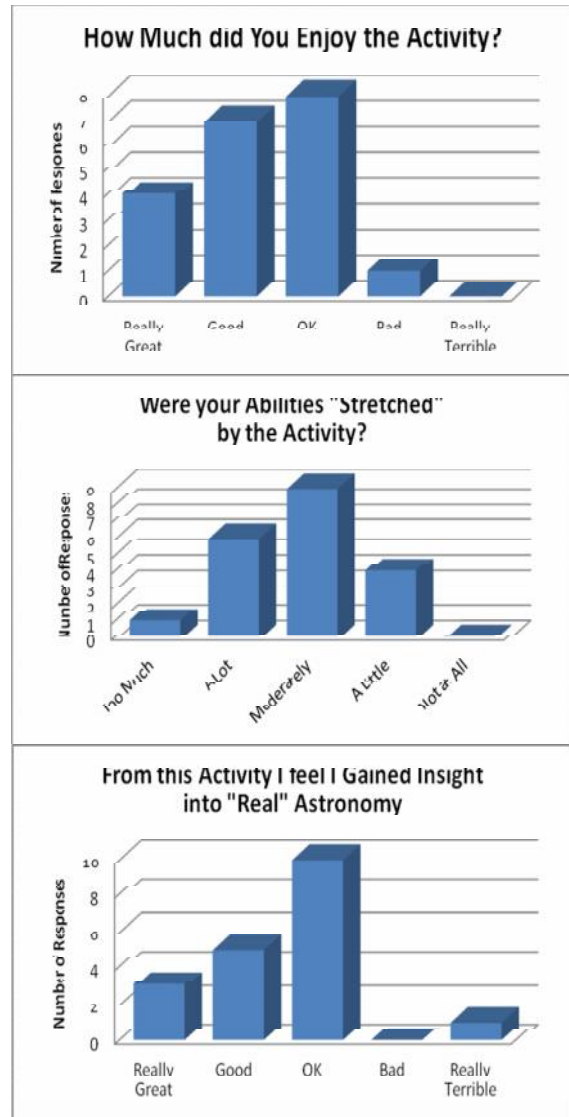
Dari 20 mahasiswa peserta perkuliahan ini, 12 di antaranya (60%) memperoleh nilai massa Jupiter berdasarkan keempat satelit Galilean dalam orde yang benar, yaitu  $10^{27}$  kg atau  $10^{-3} M_{\odot}$ . Selebihnya mendapatkan besaran massa Jupiter dalam orde yang terlampau besar (mencapai  $10^{29}$  kg) atau terlampau kecil (mencapai  $10^{-7} M_{\odot}$ ) karena salah dalam menginterpretasi grafik guna memperoleh besaran setengah sumbu panjang dan periode orbit.

Sebagian mahasiswa harus mengulangi pengambilan data posisi relatif masing-masing satelit Galilean karena mendapati grafik yang mereka peroleh tidak mulus terutama untuk satelit yang terletak dekat dengan Jupiter, seperti Io. Dengan bantuan pengarahan dari dosen, mahasiswa menyadari bahwa untuk satelit seperti Io, interval waktu antarpengamatan harus menggunakan nilai yang lebih kecil, 6 hingga 8 jam cukup baik alih-alih 12 jam atau nilai yang lebih besar. Sebaliknya, guna mempercepat perolehan profil sinusoidal dari ketiga satelit yang lain, mahasiswa harus mengubah-ubah nilai interval waktu antarpengamatan dengan nilai yang lebih besar; membesar untuk satelit yang semakin jauh jaraknya dari Jupiter. Dalam sesi ini, mahasiswa memperoleh pemahaman bahwa dalam pengamatan keempat satelit Galilean secara bersamaan, mereka harus menggunakan beragam nilai interval waktu.

Selama sesi laboratorium ini didapati pula bahwa sebagian mahasiswa memiliki pengalaman yang minim dalam melakukan pekerjaan menggunakan alat bantu komputer, seperti dalam merajah grafik, mengatur skala pada masing-masing sumbu koordinat, maupun menentukan nilai simpangan maksimum dari hasil rajah yang diperoleh.

Kedua puluh mahasiswa telah melengkapi lembar kuesioner terkait aktivitas laboratorium astronomi guna menggali informasi tentang pengalaman

baru mereka dalam memanfaatkan perangkat lunak simulasi observasi astronomi. Selain itu, mahasiswa pun menuliskan komentar dan harapan mereka tentang aktivitas laboratorium astronomi dalam perkuliahan *Earth and Space Science*.



Gambar 4. Respon mahasiswa terhadap aktivitas laboratorium astronomi *The Jupiter System: The Moons of Jupiter*.

Dari hasil yang ditunjukkan dalam Gambar 4, jelas terlihat bahwa mayoritas mahasiswa menikmati aktivitas laboratorium astronomi virtual ini, di samping bahwa mahasiswa pun merasa kemampuan pengolahan dan analisis data mereka ditingkatkan melalui kegiatan ini. Bagi mahasiswa, observasi virtual ini pun memberi pengalaman dalam melakukan

proses akuisisi data astronomi dan memberi penguatan konsep tentang topik Gravitasi Universal dan Hukum Kepler yang sebelumnya telah dipelajari dalam perkuliahan.

Sejumlah komentar dan harapan mahasiswa terkait aktivitas yang telah dilakukan dan pengembangan ke depan disajikan berikut ini.

*“The Jupiter system lab. was more interesting and it was felt like I really observed the Jupiter system.”*

*“It is better to give an explanation with (computer) program such as Skygazer or Jupiter System because it would be more interesting and last in student’s mind for longer time.”*

*“Really it is a way to help us understand.”*

*“That software was pretty cool but the activity took a long time actually.”*

*“Perhap we have the chance observing the stars at night at Bosscha or using the telescope on the roof of building.”*

#### **SIMPULAN DAN SARAN**

Telah dilakukan pemanfaatan perangkat lunak simulasi observasi astronomi dalam perkuliahan *Earth and Space Science* di program studi IPSE FPMIPA UPI sebagai upaya mengatasi keterbatasan kesempatan dan sumber daya dalam menjalankan observasi astronomi secara langsung. Secara umum diperoleh respon yang positif dari mahasiswa peserta perkuliahan, sebab aktivitas laboratorium astronomi ini dapat membantu dalam penguatan konsep topik Gravitasi Universal dan Hukum Kepler yang telah dipelajari sebelumnya dan memberi mereka gambaran tentang cara kerja astronom profesional dalam melakukan proses akuisisi data melalui observasi astronomi, pengolahan, dan analisisnya.

Mengingat dalam aktivitas laboratorium astronomi ini mahasiswa berinteraksi dengan alat bantu komputer, dan tidak seluruh mahasiswa familiar dalam memanfaatkan perangkat tersebut untuk pekerjaan saintifik seperti dalam aktivitas

laboratorium ini, maka tidak saja tutorial tentang pengoperasian perangkat lunak *Project CLEA* yang harus diberikan, namun perlu pula difasilitasi bagaimana penggunaan *spreadsheet* semisal *Microsoft Excel* dalam pengolahan dan penyajian datanya.

#### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Ucapan terimakasih Penulis sampaikan kepada *Gettysburg College* yang telah berbaik hati mengirimkan paket lengkap pembelajaran astronomi *Project CLEA* secara cuma-cuma dan telah dimanfaatkan dalam perkuliahan ini.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Aria Utama, J. 2009. *Silabus Perkuliahan Earth and Space Science Program Studi International Program on Science Education FPMIPA UPI.*
- Hake, R.R. 1998. *American Journal of Physics*. Vol.66, No.64.
- Marschall, L. A. Tidak dipublikasikan. *The Universe on a Desktop: Observational Astronomy Simulations in the Instructional Laboratory*