

PEMAHAMAN KONSEP DAN MISKONSEPSI MAHASISWA CALON GURU PADA HUKUM KEPLER

Syuhendri, Nely Andriani, dan Saparini

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sriwijaya

email: hendrisyukur@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi tingkat pemahaman konsep dan miskonsepsi mahasiswa calon guru pada hukum Kepler. Subjek penelitian adalah 68 mahasiswa peserta mata kuliah Ilmu Pengetahuan Bumi dan Antariksa (IPBA). Sampel dipilih berdasarkan teknik persampelan purposif. Pengumpulan dan analisis data menggunakan *mix method*, gabungan penelitian kuantitatif dan kualitatif. Instrumen yang digunakan adalah *two-tear test* berupa penyusunan peringkat dan pemberian alasan. Analisis dilakukan terhadap dua lapis data yang dianalisis secara bersamaan berdasarkan tingkat pemahaman konseptual. Hasil penelitian menunjukkan tingkat pemahaman konsep bervariasi dengan dominasi Paham Sebagian dan Miskonsepsi untuk Hukum II Kepler dan Paham Sebagian untuk Hukum III Kepler. Penelitian mendapatkan 14 bentuk miskonsepsi berkaitan dengan kecepatan, periode, dan jarak orbit benda langit mengitari bintangnya dan pengaruh massa serta bentuk orbit terhadap variabel kecepatan, periode, dan jarak orbit. Sebelas miskonsepsi belum dilaporkan pada penelitian sebelumnya. Pembelajaran tradisional tidak berhasil dalam meningkatkan pemahaman konsep karena berorientasi pada penguasaan rumus dan menghafalan fakta. Perlu inovasi pembelajaran untuk meningkatkan penguasaan konsep.

Kata kunci: *pemahaman konsep, miskonsepsi, hukum Kepler, IPBA*

UNDERSTANDING THE CONCEPT AND MISCONCEPTION OF STUDENT TEACHER IN KEPLER'S LAWS

Abstract

This study was aimed at investigating the level of understanding of the concepts and misconceptions of teacher students in Kepler's law. The research subjects were 68 students participating in the Earth and Space Sciences (ESS) course. The sample was chosen based on the purposive sampling technique. The collection and analysis of the data used a mixed-method, a combination of quantitative and qualitative research. The instrument used was a two-tear test in the form of ranking and explanation. The analysis was carried out on two layers of data which were then analyzed simultaneously based on an analysis of the level of conceptual understanding. The results show that the level of concept understanding varied with the dominance of Partial Understanding and Misconception for Kepler's Law II and Partial Understanding for Kepler's Law III. The study found 14 forms of misconception related to the velocity, period, and orbital distance of celestial bodies around the star and the effect of mass and orbital shape on variable velocity, period, and orbital distance. Eleven misconceptions have not been reported in previous studies. The failure of conventional learning in improving understanding of concepts is due to the application of traditional approaches that are oriented towards mastering formulas and memorizing facts. Learning innovation is needed to improve the mastery of concepts.

Keywords: *conceptual understanding, misconception, Kepler's laws, ESS*

PENDAHULUAN

Benda langit dan pergerakannya telah menarik perhatian manusia sejak zaman prasejarah. Oleh karenanya, astronomi sebagai ilmu tertua terus berkembang dengan pesat sampai saat ini. Konsep dasar astronomi pada Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Sriwijaya diberikan pada matakuliah Ilmu Pengetahuan Bumi dan Antariksa (IPBA). Seiring dengan perkembangan astronomi, penelitian pendidikan astronomi juga berkembang cepat. Penelitian pemahaman konsep, miskonsepsi, dan kesulitan belajar pada bidang astronomi telah banyak dilakukan (Park, 2013; Benítez, Giménez, Hueso, Martínez, & Riera, 2013, Aktan & Dinçer, 2014; Sarioğlan & Küçüközer, 2014; Krittinatham & Kaewkong, 2015; Testa, Galano, Leccia, & Puddu, 2015; Türk & Kalkan, 2015; Bektasli, 2016; Hecht, 2017). Penelitian tersebut dilakukan untuk mengungkap tingkat pemahaman konsep dan kemungkinan miskonsepsi yang terjadi pada mahasiswa mulai tingkat sekolah dasar sampai perguruan tinggi dan difokuskan pada topik dasar astronomi seperti sistem tata surya, hukum Kepler, penyebab perubahan musim, dan fase bulan.

Temuan penelitian tersebut mengungkapkan rendahnya pemahaman konsep dan banyaknya miskonsepsi yang dialami mahasiswa, termasuk oleh mahasiswa calon guru. Hal yang sama juga peneliti temukan dalam mengajar Mata Kuliah IPBA. Mahasiswa punya konsepsi kecepatan planet bergerak mengitari Matahari selalu sama setiap saat, Bulan tidak berotasi karena bagian Bulan yang kelihatan dari Bumi selalu bagian yang sama, Bulan diam atau tidak bergerak seperti Matahari, benda langit yang besar akan memberikan gaya tarik lebih besar, dan hanya Matahari yang menarik planet sedangkan planet tidak menarik Matahari. Miskonsepsi ini jadi

penghalang dalam belajar (Salirawati & Wiyarsi, 2012; Mchunu & Imelda, 2013). Berdasarkan teori perubahan konseptual yang diajukan Posner *et al.* (Syuhendri, Andriani, & Taufiq, 2019), miskonsepsi tidak akan teratasi kecuali ditangani dengan tepat. Penelitian dalam bidang pendidikan fisika memperlihatkan bahwa sulit untuk merubah konsepsi mahasiswa berkaitan dengan cara alam bekerja. Pendekatan khusus diperlukan untuk menangani miskonsepsi (Syuhendri dkk., 2019).

Pada sisi lain, penelitian juga menemukan bahwa guru merupakan salah satu sumber miskonsepsi (Yaylaci, Yamak, & Kavak, 2011). Padahal guru punya peran penting dalam pembelajaran. Seorang guru dituntut mampu memberikan materi sesuai standar yang diharapkan (Susilowati & Hastuti, 2013). Guru yang memiliki miskonsepsi dan tidak kompeten akan mentransfer kekeliruan pemikirannya kepada mahasiswa. Oleh karena itu, mahasiswa calon guru berkepentingan membangun pemahaman konsep ilmiah berkaitan dengan konsep yang diajarkan. Mereka terlebih dahulu harus meluruskan kekeliruan konseptual yang dimiliki. Pendekatan awal yang perlu dilakukan adalah melakukan diagnosa pemikiran keliru yang dipegangnya. Mengetahui miskonsepsi yang ada diperlukan dalam mendesain pembelajaran perubahan konseptual yang tepat (Syuhendri dkk., 2019). Berdasarkan rasional tersebut diperlukan investigasi tingkat pemahaman konsep dan miskonsepsi mahasiswa calon guru fisika pada mata kuliah IPBA.

Pemahaman konsep astronomi mahasiswa calon guru telah diteliti pada beberapa topik. Trundle, Atwood, dan Christopher (2007) melakukan studi longitudinal perubahan pemahaman konsep calon guru pada fase bulan. Kanli (2014) mengidentifikasi miskonsepsi

calon guru tentang konsep dasar astronomi dan menemukan calon guru mengalami miskonsepsi luar biasa terutama tentang alasan terjadinya musim, fase Bulan, fase Bulan pada kondisi gerhana, dan posisi Matahari di langit. Aktan dan Dinçer (2014) meneliti pemahaman konsep calon guru pada hukum Kepler dan menemukan lima bentuk miskonsepsi dominan. Bektasli (2016) melihat hubungan sikap calon guru pada astronomi dengan pemahaman konsep dasar astronomi. Dia menemukan secara umum mahasiswa dengan sikap rendah memiliki miskonsepsi tinggi dan hanya mampu memberikan penjelasan nonilmiah tingkat rendah. Sementara siswa dengan sikap sedang dan tinggi memberikan jawaban lebih ilmiah. Dia juga menemukan mahasiswa akan mengembangkan sikap negatif terhadap materi astronomi yang tidak dikuasai.

Hukum Kepler merupakan materi penting pada mata kuliah IPBA. Hukum Kepler memberikan penjelasan tentang gerakan benda langit dalam tata surya berdasarkan data observasi. Hukum ini juga menyempurnakan model heliosentris Copernicus dari lintasan berbentuk lingkaran sempurna menjadi model tata surya dengan lintasan elips. Lebih jauh Hukum II Kepler dan Hukum III Kepler memberikan pondasi bagi hukum gravitasi universal Newton. Jelaslah hukum Kepler merupakan konsep kunci bagi penguasaan konsep IPBA selanjutnya.

Penelitian tentang pemahaman konsep mahasiswa pada hukum Kepler masih terbatas dan jarang dilakukan terutama di Indonesia. Padahal materi ini dasar bagi materi astronomi lebih lanjut. Beberapa penelitian dilakukan di luar negeri, misal studi oleh Yu, Sahami, dan Denn (2010) di Amerika Serikat. Mereka menguji pemahaman konsep hukum Kepler mahasiswa sebelum belajar

dengan mewawancarai 112 sampel dan mendapatkan hanya 11% mahasiswa yang dapat menggambarkan orbit planet mendekati lingkaran, sedangkan sebagian besar mahasiswa menggambarkannya sangat elips dan sebagian kecil lainnya menggambarkannya berbentuk lingkaran dan elips. Mereka juga menemukan 60% mahasiswa tidak dapat memberikan penjelasan apakah kelajuan planet berubah-ubah sepanjang lintasan orbitnya.

Aktan dan Dinçer (2014) melakukan studi di Turki dengan sampel 38 mahasiswa calon guru. Mereka mendapatkan 34% mahasiswa tidak mengetahui pernyataan klasik Hukum II Kepler, 24% mengetahui pernyataan klasik tersebut tetapi pada saat bersamaan memiliki miskonsepsi, dan hanya 40% yang memahaminya dengan baik. Berkaitan dengan Hukum III Kepler, mereka menemukan 55% mahasiswa memahami hukum sebagian dan memiliki miskonsepsi.

Krittinatham dan Kaewkong (2015) melakukan penelitian di Thailand dengan sampel mahasiswa sekolah menengah atas. Mereka mendapatkan sebahagian besar mahasiswa memahami Hukum II Kepler tetapi mahasiswa tersebut kesulitan memahami konsep kekekalan momentum linier, gaya aksi reaksi, dan vektor yang merupakan konsep fisika yang menjelaskan pergerakan benda benda langit.

Diagnosis pemahaman konsep dalam konteks belajar perubahan konseptual penting bagi calon guru untuk meluruskan pemahamannya. Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian yang bertujuan mengungkap tingkat pemahaman konsep dan miskonsepsi mahasiswa calon guru pada hukum Kepler. Hasil penelitian dapat digunakan pengampu matakuliah dan guru sekolah menengah sebagai dasar untuk mendesain pembelajaran inovatif guna meningkatkan pemahaman konsep dan

mengatasi miskonsepsi pada materi IPBA atau Astronomi Dasar.

METODE

Pengumpulan dan analisis data penelitian menggunakan *mixed methods*, gabungan penelitian kuantitatif dan kualitatif. Instrumen yang digunakan adalah *two-tier test* berupa menyusun peringkat dan memberi alasan. Pada penelitian ini, tes tersebut disebut sebagai Tugas Peringkat dan Alasan (TPA). TPA meminta *testee* menyusun peringkat terhadap suatu situasi atau konsep tertentu (Aktan & Dinçer 2014). Sampel penelitian adalah 68 mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Sriwijaya yang mengambil mata kuliah IPBA pada Semester Genap Tahun Ajaran 2016/2017. Sampel dipilih berdasarkan teknik *purposive sampling*.

TPA hukum Kepler dikembangkan oleh Hudgins, Prather, Grayson, & Smits (2007) dan tersedia *online* di *website* Pendidikan Astronomi *Universitas of Nebraska-Lincoln*. Penelitian ini menggunakan lima item TPA. TPA 1 dan TPA 2 digunakan untuk menggali pemahaman konsep pada Hukum II Kepler. TPA 1 terdiri dari tiga bagian, yaitu TPA 1a tentang *periode*, TPA 1b tentang *jarak yang ditempuh*, dan TPA 1c untuk *kelajuan* komet pada empat segmen berbeda di orbitnya. Sedangkan TPA 2 menanyakan *kelajuan* asteroid pada empat titik berbeda di orbitnya. Selanjutnya TPA 3, 4, dan 5 digunakan untuk mengases pemahaman konsep pada Hukum III Kepler.

TPA merupakan instrumen standar yang valid dan reliabel. Namun demikian, instrumen terjemahan tetap memerlukan validasi (Yasuda, Uematsu, & Nitta, 2012). TPA Bahasa Indonesia yang digunakan sudah melalui proses validasi dari segi konten dan kebahasaan. Terjemahan TPA sudah divalidasi oleh ahli berkaitan dengan kesesuaiannya dengan instrumen

asli dan kurikulum. Instrumen juga diuji keterbacaannya oleh lima sampel dengan karakteristik yang sama dengan responden penelitian.

Analisis dilakukan terhadap dua lapis data yang diperoleh dari TPA. Kedua lapis data dianalisis secara bersamaan berdasarkan analisis *tingkat pemahaman konseptual*. Berdasarkan analisis, di-kelompokkan pemahaman konseptual mahasiswa menjadi lima tingkat, yaitu Tidak Paham (TP), Miskonsepsi (M), Paham Sebagian tapi memiliki Miskonsepsi tertentu (PS&M), Paham Sebagian (PS), dan Paham (P).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hukum II Kepler berbunyi vektor jari-jari planet menyapu luas yang sama dalam interval waktu yang sama, $ds/dt = konstan$. Hukum ini menyatakan kecepatan orbital planet tidak sama. Pada TPA 1a ditanyakan waktu yang digunakan sebuah komet untuk menyapu empat segmen dengan luas yang sama. Berdasarkan analisis jawaban; 64,71% mahasiswa menjawab benar bahwa waktu yang dibutuhkan sama dengan alasan "*sesuai Hukum II Kepler, luas yang disapu sama untuk waktu yang sama*" (38,24%) dan "*komet akan bergerak lebih cepat ketika mendekati Matahari karena kecepatan berbanding terbalik dengan jarak komet ke Matahari*" (26,47%). Artinya, mahasiswa tersebut memahami pernyataan klasik Hukum II Kepler. Namun demikian, 22,06% mahasiswa tidak menjawab atau jawaban salah dan sisanya 13,23 terdeteksi mengalami miskonsepsi dengan berbagai alternatif konsepsi seperti: *kecepatan komet semakin kecil jika semakin dekat ke Matahari; lintasan segmen paling pendek membutuhkan waktu paling lama; lintasan segmen paling panjang membutuhkan waktu paling lama; sifat komet selalu menuju Bumi; dan menyamakan konsep "jarak" dan "waktu"*.

Pada TPA 1b ditanyakan jarak yang ditempuh komet pada masing-masing segmen. Walaupun pada TPA 1a terdapat 64,71% mahasiswa memahami bentuk dasar Hukum II Kepler. Namun, hanya 17,65% yang memahami konsekuensi hukum tersebut terhadap jarak yang ditempuh komet seperti yang diungkapkan oleh TPA 1b. Sebanyak 14,71% mahasiswa mengemukakan alasan sesuai rumus $s = v t$, kecepatan terbesar memberikan jarak terjauh dan 2,94% dengan alasan semakin besar sudut segmen semakin panjang jarak yang ditempuh komet. Hal yang memprihatinkan adalah ditemukan 36,76% mahasiswa memberi alasan bahwa lintasan terpanjang ditempuh oleh komet yang memiliki jarak terjauh ke Matahari. Hal ini mengindikasikan mereka tidak bisa membedakan antara *panjang lintasan* dengan *jarak* komet ke Matahari. Kemudian juga terungkap miskonsepsi lain (11,76%) bahwa jarak yang ditempuh komet sama dengan alasan karena: $T^2 \propto R^3$; benda langitnya sama; interval waktu sama; sama-sama mengelilingi Matahari; dan ds/dt untuk semua segmen adalah sama. Terdapat juga 4,41% mahasiswa yang tidak bisa membedakan konsep “jarak” dan “kelajuan” serta 11,76% memberikan respons membingungkan seperti menyamakan luas yang disapu dengan jarak yang ditempuh.

Pernyataan klasik Hukum II Kepler kembali ditanyakan pada TPA 1c yaitu kelajuan komet pada masing-masing segmen. Sebanyak 60,29% mahasiswa menjawab benar dengan alasan ilmiah bahwa semakin dekat komet ke Matahari kelajuannya semakin besar dan begitu sebaliknya karena $v = \sqrt{GM/r}$. Hal ini konsisten dengan TPA 1a dimana 64,71% mahasiswa memahami pernyataan dasar dari hukum tersebut. Hal menarik yang ditemukan adalah 4,41% responden

berpendapat kelajuan komet semakin besar ketika semakin jauh dari Matahari karena pengaruh gaya gravitasi Matahari yang semakin kecil pada komet. Konsepsi seperti ini timbul karena mahasiswa punya pengalaman dari berbagai informasi sebelumnya bahwa benda semakin bebas bergerak di luar angkasa ketika lepas dari gravitasi Bumi atau astronot lebih mudah bergerak di Bulan karena gravitasi Bulan lebih kecil dari gravitasi Bumi. Alternatif konsepsi lain yang ditemukan adalah kelajuan komet sama karena luas daerah yang disapu sama (2,49%) dan tidak bisa membedakan antara konsep “waktu” dan “kelajuan” (7,35%).

Sejalan dengan TPA 1c, pada TPA 2 ditanyakan kelajuan sebuah komet pada empat titik berbeda di orbitnya. Sebanyak 52,94% mahasiswa menjawab benar. sebanyak 41,18% di antaranya dengan alasan asteroid semakin cepat jika semakin dekat dengan Matahari dan 11,76% dengan alasan lebih spesifik bahwa kelajuan komet berbanding terbalik dengan jaraknya ke Matahari. Alasan ini kembali membuktikan konsistensi terhadap pemahaman klasik Hukum II. Namun demikian, masing-masing 10,29% mahasiswa beranggapan asteroid semakin lambat ketika semakin dekat matahari, dan asteroid bergerak dengan kecepatan tetap sepanjang orbitnya. Dua miskonsepsi ini juga muncul pada alasan TPA 1a dan TPA 1c. Kemudian 1,47% mengemukakan asteroid bergerak dipercepat ketika mendekati Matahari, namun akan lambat pada saat jaraknya paling dekat ke Matahari.

Dapat disimpulkan bahwa sebagian besar mahasiswa calon guru fisika mengetahui pernyataan klasik Hukum II Kepler. Namun demikian, mereka kesulitan dalam implementasi hukum secara riil pada kasus gerak planet atau benda langit. Ini membuktikan pemahaman mereka belum

sempurna. Mahasiswa yang berada pada kondisi ini secara verbal mengetahui bahwa luas yang disapu sama dan kecepatan planet semakin besar ketika mendekati Matahari, namun mereka tidak memahami makna dari pernyataan dan perumusan tersebut secara sempurna. Artinya, pemahaman materi mereka masih bercampur dengan kekeliruan lain dan bahkan dengan miskonsepsi. Kenyataan ini didukung penelitian lain, misal Syuhendri (2014) dan Syuhendri (2017) mengemukakan mahasiswa dapat cepat menyelesaikan soal menentukan waktu untuk benda jatuh bebas dengan rumus $t = \sqrt{2h/g}$. Pada rumus tersebut t hanya tergantung pada gravitasi dan ketinggian serta bebas dari massa atau berat. Namun, pada saat yang sama mereka mengalami miskonsepsi *benda berat jatuh lebih cepat*. Fakta ini diperkuat oleh Kim dan Pak (2002) yang menemukan mahasiswa tidak lagi kesulitan menggunakan rumus fisika dan matematika setelah berlatih menyelesaikan 1500 soal hitungan, namun mereka tetap bermasalah dengan pemahaman konsepnya. Lemahnya pemahaman konsep ini juga diperkuat oleh banyaknya miskonsepsi yang ditemukan. Untuk melihat secara menyeluruh tingkat pemahaman konseptual mahasiswa pada Hukum II Kepler dilakukan analisis secara bersamaan terhadap respons mereka untuk TPA 1a, 1b, 1c, dan 2 yang hasilnya disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan respons yang diberikan, 16,18% mahasiswa memiliki tingkat pemahaman Hukum II Kepler secara sempurna. Mahasiswa ini memberikan urutan peringkat yang benar dan alasan ilmiah. Sebanyak 8,82% mahasiswa tidak paham materi yang diindikasikan oleh peringkat salah dan alasan tidak ada atau membingungkan. Contoh alasan yang diberikan mahasiswa dengan tingkat pemahaman sempurna adalah seperti yang diberikan Mahasiswa 63 untuk TPA 1a, TPA 1b, TPA 1c, dan TPA 2.

Mahasiswa 63: (TPA 1a) *“Waktu yang digunakan sama, karena sesuai dengan Hukum II Kepler bahwa luas daerah yang dilewati sama untuk in-terval waktu yang sama”*

Mahasiswa 63: (TPA 1b) *“Karena pada skema orbit pada gambar, dapat dilihat “panjang” lintasan orbit secara berurutan adalah B, A, C, dan D”*

Mahasiswa 63: (TPA 1c) *“Karena berdasarkan gaya sentrifugal dan hukum gravitasi universal didapatkan $v = \sqrt{GM/R}$.”*

Tabel 1
Tingkat Pemahaman Konseptual Pelajar untuk Hukum II Kepler

Tingkat	Frekuensi	Persentase
Paham (P)	11	16,18
Paham Sebagian (PS)	17	25,00
Paham Sebagian dan Miskonsepsi (PS & M)	23	33,82
Miskonsepsi (M)	11	16,18
Tidak Paham (TP)	6	8,82

Semakin jauh komet dari Matahari maka semakin lambat kecepatannya”

Mahasiswa 63: (TPA 2) *“Karena berdasarkan hukum gravitasi universal $v=\sqrt{GM/R}$, kecepatan asteroid berbanding terbalik dengan jaraknya sehingga semakin jauh asteroid dari Matahari maka semakin lambat pula kecepatannya berevolusi”.*

Sebanyak 25% mahasiswa paham Hukum II Kepler sebagian. Mereka memberikan jawaban dan alasan benar terhadap satu soal tapi pada saat bersamaan memberikan jawaban salah untuk kasus lain. Artinya tingkat pemahamannya tentang Hukum II belum sempurna. Kemudian terdapat 33.82% mahasiswa paham sebagian dan mengalami miskonsepsi. Berbeda dengan paham sebagian, pada paham sebagian dan mengalami miskonsepsi mahasiswa memberikan peringkat benar atau mengemukakan beberapa alasan ilmiah tapi pada saat bersamaan juga memberikan alasan nonilmiah. Contoh respons mahasiswa yang paham sebagian dan mengalami miskonsepsi adalah seperti pernyataan Mahasiswa 59.

Mahasiswa 59: (TPA 1c) *“Semua segmen segitiga berwarna abu-abu memiliki luas yang sama, karena sesuai dengan Hukum II Kepler”*

(TPA 1b) *“Dari gambar dapat dilihat bahwa pada orbit D merupakan jarak terpanjang*

yang ditempuh komet, karena komet berada pada di titik terjauh”.

Sebanyak 16,18% mahasiswa mengalami miskonsepsi pada Hukum II Kepler. Ada berbagai bentuk alternatif konsepsi seperti: kelajuan komet atau asteroid sama mengelilingi Matahari; komet semakin lambat ketika lebih dekat dengan Matahari; karena komet sama-sama mengelilingi Matahari maka jarak yang ditempuh sama; mengacaukan konsep “jarak” dan “kecepatan”; semakin jauh dari Matahari semakin besar kecepatan komet, karena mendapat pengaruh gaya gravitasi kecil dari Matahari; kelajuan asteroid semakin lambat jika semakin dekat dengan Matahari; dan asteroid akan dipercepat ketika mendekati Matahari dan akan lambat kalau sudah berada paling dekat dengan Matahari. Contoh miskonsepsi kelajuan asteroid semakin cepat ketika semakin jauh dari Matahari diperlihatkan oleh alasan mahasiswa 15 untuk TPA 1c.

Mahasiswa 15: (TPA 1c) *“Posisi komet terhadap Matahari menentukan pengaruh gaya tarik Matahari terhadap komet. Komet yang dekat dengan Matahari mendapat pengaruh lebih besar. Jika dianalogikan dengan benda yang berada di sekitar Bumi dan di luar angkasa (tidak terpengaruh gravitasi Bumi) maka benda akan lebih bebas bergerak di luar angkasa. Demikian [juga] dengan komet, komet yang jauh dari*

Matahari mendapat lebih sedikit gravitasi Matahari sehingga kelajuannya pun lebih cepat”

Miskonsepsi komet atau asteroid punya kelajuan sama diperlihatkan oleh Mahasiswa 53 dan 57.

Mahasiswa 53: “*Asteroid mempunyai kelajuan sama sehingga walaupun jarak berbeda [dari Matahari] kelajuannya tetap sama”*

Mahasiswa 57 (TPA 1c) “*kelajuan komet pada setiap segmen adalah sama, karena luas daerah setiap segmen sama dengan waktu yang sama pula”*.

Selanjutnya dilakukan analisis terhadap tugas peringkat mahasiswa untuk Hukum III Kepler. Hukum III menjelaskan bahwa perioda planet hanya tergantung kepada jarak orbit planet ke Matahari, $T^2/R^3=k$, dimana T adalah perioda dan R adalah jarak orbit. Pada TPA 3 dibuat variasi bentuk orbit berupa elips dan lingkaran dengan berbagai ukuran jarak orbit, kemudian ditanyakan urutan perioda planet. Terdapat 48,53% responden menjawab benar dengan alasan merujuk langsung Hukum III Kepler, periode planet berbanding lurus dengan jaraknya ke Matahari, semakin jauh dari Matahari semakin besar perioda. Namun demikian; ada 38,23% responden menjawab salah tanpa memberikan alasan atau alasan membingungkan. Sisanya 13,24% mahasiswa mengalami miskonsepsi seperti: *bentuk orbit mempengaruhi perioda; perioda berbanding lurus dengan kecepatan; perioda semua planet sama;*

bentuk orbit mempengaruhi kecepatan; dan kecepatan semua planet sama. Miskonsepsi seperti perioda semua planet sama bahkan dialami oleh mahasiswa yang mengemukakan alasan $T^2 \propto R^3$ yang berarti mereka tahu rumus Hukum III tetapi tidak memahami maknanya. Pemahaman konsep bermasalah walaupun hafal bahkan bisa menerapkan rumus untuk menyelesaikan soal hitungan.

Pada TPA 4 ditanyakan jarak orbit planet ke bintangnya, dengan memberikan data perioda dan massa planet. Hanya 7,35% mahasiswa yang menjawab benar dengan alasan sesuai Hukum III Kepler semakin besar perioda semakin besar jarak orbit. Dengan kata lain, terjadi penurunan tajam yang menjawab benar ketika variabel lain disertakan dalam menentukan perioda. Hal ini kembali membuktikan mahasiswa tidak memahami secara baik konsep hukum III, sehingga pada saat diberi kasus berbeda mereka mengalami kesulitan. Jika mereka paham makna konsep $T^2 \propto R^3$ maka apapun bentuk variabel baru yang disertakan dalam soal tidak membuat mereka ragu untuk menjawab bahwa jarak orbit hanya tergantung satu-satunya pada perioda. Dengan demikian; 83,82% mahasiswa menjawab salah tanpa memberikan alasan atau alasan membingungkan dan 8,83% memberikan alasan dalam bentuk berbagai alternatif konsepsi seperti: *jarak orbit berbanding lurus dengan massa; jarak orbit berbanding lurus dengan perioda dan massa; jarak semua orbit sama; dan semakin dekat jarak orbit semakin besar kecepatan revolusi planet.*

TPA 5 kembali menanyakan perioda planet namun dengan variasi jarak orbit dan massa planet. Sama dengan TPA 4, terjadi penurunan tajam mahasiswa yang menjawab benar, yaitu hanya 8,82%, dengan alasan merujuk Hukum III Kepler “semakin jauh planet semakin besar

periodanya dan massa tidak berpengaruh terhadap perioda”. Pemahaman konsep mahasiswa sangat baik karena menyatakan bahwa massa tidak berpengaruh terhadap perioda. Sisanya 91,18% orang tidak paham Hukum III. Sebanyak 77,94% mahasiswa tidak memberikan alasan atau alasan membingungkan dan 13,24% mahasiswa mengalami miskonsepsi seperti: *kecepatan berbanding lurus dengan massa semakin besar massa planet semakin lambat ia bergerak dan sebaliknya; semakin besar massa planet semakin besar kecepatannya; perioda tergantung jarak orbit, bentuk orbit dan massa planet; dan perioda semua planet sama karena $T^2 \propto R^2$* . Jadi walaupun mereka mengetahui secara matematis pernyataan Hukum III tetapi memberikan kesimpulan yang bertentangan dengan hukum tersebut.

Berdasarkan urain tersebut dapat disimpulkan sebagian besar mahasiswa paham Hukum III dalam bentuk pernyataan dan perumusan matematik, tetapi tidak memahami hukum secara konseptual. Mereka menghafalkan bunyi hukum dan menggunakannya dalam menentukan perioda atau jarak orbit tetapi tidak menyadari bahwa perioda revolusi benda langit hanya tergantung pada radius semimayor orbit benda langit tersebut. Ini menandakan mahasiswa punya permasalahan besar dengan pemahaman konsepnya. Analisis menyuluruh terhadap

TPA 3, 4, 5 menghasilkan potret tingkat pemahaman konseptual mahasiswa calon guru pada Hukum III Kepler seperti pada Tabel 2. Hanya 1,47% mahasiswa yang paham konsep secara sempurna. Sedangkan 42,65% paham sebagian; 8,82% paham sebagian dan miskonsepsi tertentu; 19,12% mengalami miskonsepsi; dan 27,94% tidak paham konsep sama sekali.

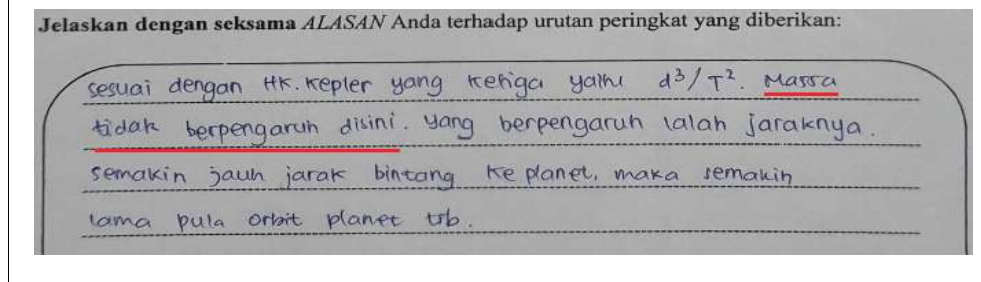
Mahasiswa yang dikategorikan pada tingkat Paham adalah mereka yang menjawab TPA 3 TPA 4, dan TPA 5 benar dengan alasan ilmiah. Mahasiswa ini meyakini bahwa Perioda hanya tergantung kepada jarak orbit (sumbu semimayor) dan tidak tergantung kepada variabel lain seperti bentuk orbit dan massa planet. Mahasiswa yang paham sebagian namun mengalami miskonsepsi memberikan alasan sesuai Hukum III Kepler, namun pada saat bersamaan juga memberikan alasan nonilmiah, seperti massa planet juga mempengaruhi kecepatannya bergerak. Alasan Mahasiswa 29 pada Gambar 1 adalah contoh alasan yang paham terhadap Hukum III Kepler. Contoh tanggapan mahasiswa yang mengalami miskonsepsi adalah yang dikemukakan Mahasiswa 03 dan 07.

Mahasiswa 03: “*Karena planet D mempunyai jarak orbit terjauh yaitu 2 SA dan massanya [ter]kecil yaitu satu kali* (TPA 5)

Tabel 2
Tingkat Pemahaman Konseptual Pelajar untuk Hukum III Kepler

Tingkat	Frekuensi	Persentase
Paham (P)	1	1,47
Paham Sebagian (PS)	29	42,65
Paham Sebagian dan Miskonsepsi (PS & M)	6	8,82
Miskonsepsi (M)	13	19,12
Tidak Paham (TP)	19	27,94

Gambar 1. Response Pelajar 29, Periode Tergantung Jarak Orbit dan Tidak pada Massa Planet



massa Bumi maka planet D mempunyai periode terlama. Dapat disimpulkan bahwa periode orbit planet bergantung pada [bentuk] lintasan orbit, jarak orbit dengan Matahari dan massa planet”

Mahasiswa 07: (TPA 5) *“Semakin besar massa yang dimiliki [planet] semakin lambat kecepatannya bergerak pada orbitnya. Sebaliknya semakin kecil massa yang dimiliki maka semakin cepat bergerak pada orbitnya”*

Secara umum dapat disimpulkan tingkat pemahaman konsep mahasiswa calon guru pada hukum Kepler relatif rendah dengan skor rata-rata tugas peringkat sebesar 58%. Hanya 16,18% dan 1,47% mahasiswa yang memiliki konsep ilmiah untuk Hukum II Kepler dan Hukum III Kepler. Kondisi ini memprihatinkan karena dialami mahasiswa setelah pembelajaran selesai. Dari berbagai alasan yang dikemukakan mahasiswa kelihatan tidak ada hubungan positif yang kuat antara penguasaan rumus

dengan pemahaman konsep. Banyak mahasiswa dapat menuliskan rumus dengan benar pada saat memberi alasan namun salah dalam menafsirkan dan mempunyai pemikiran yang keliru. Rendahnya tingkat pemahaman diikuti dengan berbagai bentuk miskonsepsi. Berdasarkan analisis di atas terdapat 14 bentuk miskonsepsi dominan yang dimiliki mahasiswa calon guru sebagaimana tercantum dalam Tabel 3.

Penemuan berbagai miskonsepsi pada hukum Kepler sejalan dengan penelitian lain (Yu *et al.*, 2010; Sarioğlan & Küçüközer, 2013; Aktan & Dinçer, 2014). Namun demikian, Aktan dan Dinçer (2014) hanya menemukan lima jenis miskonsepsi, yaitu benda langit bergerak dengan kecepatan tetap di orbitnya, benda langit bergerak lebih lambat ketika mendekati Matahari, tidak bisa membedakan kelajuan dan waktu, planet berat memiliki periode lebih singkat karena periode berbanding terbalik dengan massa planet, dan planet berat punya periode lebih lama dari planet ringan. Yu *et al.* (2010) menemukan mahasiswa menganggap planet bergerak dengan kecepatan konstan mengitari Matahari. Miskonsepsi ini sama dengan miskonsepsi nomor 1 pada penelitian ini. Lebih jauh, rendahnya pemahaman mahasiswa pada hukum Kepler sama dengan penelitian Sarioğlan dan Küçüközer (2013) yang menemukan tidak ada respondennya (133 mahasiswa tingkat

Tabel 3

Bentuk Miskonsepsi Dominan yang Dimiliki Mahasiswa Calon Guru

No	Bentuk Miskonsepsi Dominan yang Dimiliki Mahasiswa Calon Guru
1	Kelajuan benda langit konstan sepanjang lintasan mengelilingi Matahari.
2	Kelajuan benda langit semakin lambat ketika mendekati Matahari dan semakin cepat ketika semakin jauh karena pengaruh gravitasi Matahari semakin kecil.
3	Kelajuan benda langit berbanding lurus dengan massanya.
4	Kelajuan benda langit berbanding terbalik dengan massanya.
5	Perioda semua planet sama.
6	Perioda planet tergantung bentuk orbit, jarak orbit, dan massa planet.
7	Planet dengan orbit bentuk lingkaran berevolusi lebih cepat dibandingkan elips.
8	Jarak orbit berbanding lurus dengan massanya.
9	Jarak yang ditempuh komet sama dalam kurun waktu sama.
10	Sifat alami komet selalu menuju Bumi.
11	Tidak bisa membedakan konsep “jarak tempuh” dan “daerah yang disapu”.
12	Tidak bisa membedakan konsep “jarak” dan “posisi”.
13	Tidak bisa membedakan konsep “jarak” dan “kecepatan”
14	Tidak bisa membedakan konsep “waktu” dan “kecepatan”.

10) yang memberikan jawaban saintifik dan menemukan miskonsepsi pada hukum Kepler. Rendahnya tingkat pemahaman hukum Kepler setelah pembelajaran juga didapatkan oleh Aktan dan Dinçer (2014).

Kegagalan pembelajaran tradisional meningkatkan pemahaman konsep karena pengajar tidak memberikan perhatian terhadap bentuk prekonsepsi mahasiswa. Padahal Treagust, Mthembu, dan Chandra-segaran (2014, p. 265) menegaskan pembelajaran hanya akan efektif jika miskonsepsi mahasiswa diperhitungkan. Dalam konteks ini, hasil penelitian ini bisa dijadikan referensi awal untuk mendesain pembelajaran inovatif untuk meningkatkan pemahaman konsep pada Mata Kuliah IPBA ataupun Astronomi Dasar.

Rendahnya pemahaman konsep dan banyaknya miskonsepsi juga disebabkan pendekatan pembelajaran yang berorientasi pada tes, sementara soal yang diberikan cenderung pada soal hitungan. Padahal

soal hitungan disamping tidak punya korelasi yang kuat dengan peningkatan pemahaman konsep (Kim & Pak, 2002) juga dapat menimbulkan ketakutan pada mahasiswa dengan kemampuan kuantitatif rendah yang akhirnya menurunkan prestasi mereka (Muhson, 2009). Selain itu juga disebabkan gaya mengajar guru yang cenderung menyuruh siswa menghafal konsep tanpa disertai pemahaman yang benar terhadap konsep tersebut (Wenno & Suparno, 2014). Walaupun calon guru ini juga sudah mendapatkan materi hukum Kepler di sekolah menengah, tapi mereka cenderung dilatih menggunakan rumus dan menghafal materi mahasiswa alih-alih penekanan pada pemahaman konseptual.

SIMPULAN

Penelitian ini mendapatkan mahasiswa calon guru masih memiliki tingkat pemahaman konsep rendah dan mengalami miskonsepsi pada hukum Kepler setelah

pembelajaran. Tingkat pemahaman konsep mereka bervariasi mulai dari Paham sampai Tidak Paham dengan dominasi pada Paham Sebagian dan Miskonsepsi (33,82%) untuk Hukum II Kepler dan Paham Sebagian (42,65%) untuk Hukum III Kepler. Penelitian mendapatkan 14 bentuk miskonsepsi berkaitan dengan kecepatan, perioda, dan jarak orbit benda langit mengitari bintangnya dan pengaruh massa serta bentuk orbit terhadap variabel kecepatan, perioda, dan jarak orbit. Sebelas miskonsepsi belum dilaporkan pada penelitian sebelumnya. Penelitian memberikan kontribusi literatur tentang bentuk miskonsepsi pada hukum Kepler yang bisa digunakan sebagai dasar untuk mendesain pembelajaran. Tidak berhasilnya pembelajaran tradisional dalam meningkatkan pemahaman konsep disebabkan penerapan pendekatan tradisional yang berorientasi penguasaan rumus dan penghafalan fakta. Perlu inovasi pembelajaran untuk meningkatkan penguasaan konsep. Hasil penelitian ini bermanfaat berguna bagi pengampuh matakuliah IPBA maupun Astronomi Dasar untuk mendesain pembelajaran inovatif seperti pembelajaran perubahan konseptual berbasis teori perubahan konseptual.

DAFTAR PUSTAKA

- Aktan, D. C., & Dinçer, E. O. (2014). Examination of preservice science teachers' understanding levels of Kepler's laws with ranking task questions. *Journal of Baltic Science Education*, 13(2), 276-288.
- Bektasli, B. (2016). The relationship between preservice science teachers' attitude toward astronomy and their understanding of basic astronomy concepts. *International Journal of Progressive Education*, 12(1), 108-116.
- Benítez, J., Giménez, M. H., Hueso, J. L., Martínez, E., & Riera, J. (2013). Some learning objects to explain Kepler's laws. *Computer Applications in Engineering Education*, 21(1), 1-7.
- Hecht, E. (2017). Kepler and the origins of pre-Newtonian mass. *American Journal of Physics*, 85(2), 115-123.
- Hudgins, D. W., Prather, E. E., Grayson, D. J., & Smits, D. P. (2007). Effectiveness of collaborative ranking tasks on student understanding of key astronomy concepts. *Astronomy Education Review*, 5(1), 1-22.
- Kanlı, U. (2014). A study on identifying the misconceptions of pre-service and in-service teachers about basic astronomy concepts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(5), 471-479.
- Kim, E., & Pak, S. J. (2002). Students do not overcome conceptual difficulties after solving 1000 traditional problems. *American Journal of Physics*, 70(7), 759-765.
- Krittinatham, W., & Kaewkong, K. (2015). A case study of high school students' astrophysical-conception survey on the Kepler's Second Law of Motions and Newtonian Mechanics in Phayao. *Sura-naree J. Sci. Technol*, 22(2), 135-142.
- Mchunu, S.P., & Imelda, S. (2013). The Alternative Conceptions Held by High School Students in Mechanics. *The International Journal of Science in Society*, 4(1), 25-41.
- Muhson, A. (2009). Peningkatan minat belajar dan pemahaman mahasiswa melalui penerapan problem-based learning. *Jurnal Kependidikan*, 39(2), 171-182.
- Park, S. K. (2013). The relationship between students' perception of the scientific models and their alternative conceptions of the lunar phases. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 9(3), 285-299.

- Salirawati, D., & Wiyarsi, A. (2012). Pengembangan instrumen pendeteksi miskonsepsi materi ikatan kimia untuk peserta didik. *Jurnal Kependidikan*, 42(2), 118-129.
- Sarioğlan, A. B., & Küçüközer, H. (2013). Determination of conceptions of secondary 10th grade students about torque, angular momentum and Kepler's 2nd law. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 7 (1), 121-141.
- Sarioğlan, A. B., & Küçüközer, H. (2014). The effect of meaning making instruction about Kepler's Laws at high school students' conceptual understanding. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 143, 315-319.
- Susilowati, S., & Hastuti, P. W. (2013). Pengembangan petunjuk praktikum Pendidikan IPA berbasis pedagogy content knowledge mahasiswa calon guru. *Jurnal Kependidikan*, 43(2), 144-153.
- Syuhendri, S. (2014). Konsepsi alternatif mahasiswa pada ranah mekanika: analisis untuk konsep impetus dan kecepatan benda jatuh. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, 1(1), 56-68.
- Syuhendri, S. (2017). A learning process based on conceptual change approach to foster conceptual change in Newtonian mechanics. *Journal of Baltic Science Education*, 16(2), 228-240.
- Syuhendri, S., Andriani, N., & Taufiq, T. (2019). Preliminary development of conceptual change texts regarding misconceptions on basic laws of dynamics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1166 012013.
- Syuhendri, S. (2019). Student teachers' misconceptions about gravity. *Journal of Physics: Conference Series*, 1185 012047.
- Testa, I., Galano, S., Leccia, S., & Puddu, E. (2015). Development and validation of a learning progression for change of seasons, solar and lunar eclipses, and moon phases. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 11(2), 020102.
- Treagust, D. F., Mthembu, Z., & Chandrasegaran, A. L. (2014). Evaluation of the predict-observe-explain instructional strategy to enhance students' understanding of redox reactions. Dalam I. Devetak & S. A. Glažar (Eds.), *Learning with understanding in the chemistry classroom* (pp. 265-286). Dordrecht: Springer.
- Trundle, K. C., Atwood, R. K., & Christopher, J. E. (2007). A longitudinal study of conceptual change: Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 303-326.
- Türk, C., & Kalkan, H. (2015). The effect of planetariums on teaching specific astronomy concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 24(1), 1-15.
- Wenno, I. H., & Suparno, P. (2014). Metodologi pembelajaran sains-fisika berbasis konteks dan asesmen otentik. *Jurnal Kependidikan*, 44(2), 188-196.
- Yasuda, J. I., Uematsu, H., & Nitta, H. (2012). Validating a Japanese version of the force concept inventory. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 6(1), 89-94.
- Yaylacı, Ö. A., Yamak, H., & Kavak, N. (2011). Examining pre-service science teachers' opinions about holistic approach in science: Electrical energy example. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 15, 2764-2770.
- Yu, K. C., Sahami, K., & Denn, G. (2010). Student ideas about Kepler's laws and planetary orbital motions. *Astronomy Education Review*, 9(1), 010108-010117.