
Analisis pembelajaran persamaan diferensial berdasarkan artikel-artikel penelitian

Eliva Sukma Cipta¹ dan Jarnawi Afgani Dahlan²

¹Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Doktor Setiabudhi No. 229, Bandung

²Program Studi Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah, Universitas Islam Nusantara
Jl. Soekarno Hatta No. 530 Bandung

*elivasukmacipta@uinus.ac.id

Received: 11 Januari 2021 ; Accepted: 22 Desember 2021 ; Published: 29 Desember 2021

Abstrak

Artikel ini mengkaji beberapa penelitian sebelumnya tentang pembelajaran persamaan diferensial biasa untuk mendeteksi masalah yang sering muncul dalam mata kuliah persamaan diferensial biasa dan melihat metode-metode yang digunakan untuk mengatasi masalah yang terjadi, serta mengkaji beberapa artikel teori APOS yang merupakan teori yang mempelajari bagaimana mahasiswa membangun konsep matematika. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur artikel-artikel penelitian. Artikel yang dikaji sebagai sumber studi dipilih secara acak dengan ketentuan topik pembelajaran persamaan diferensial dan teori APOS. Artikel yang terpilih dianalisis secara deskriptif. Hasil kajian menunjukkan bahwa masalah yang sering muncul dalam pembelajaran persamaan diferensial adalah kesalahan konseptual sehingga model-model yang dipilih secara umum adalah model-model pembelajaran yang menekankan pada penguatan konsep. Salah satu model pembelajaran yang mendukung untuk menanamkan konsep matematika adalah model pembelajaran berdasarkan teori APOS.

Kata kunci: studi literatur, persamaan diferensial, teori APOS

Abstract

This article examines some of the previous research on learning ordinary differential equations to detect problems that often arise in ordinary differential equations courses and looks at the methods used to solve problems that occur, and examines several articles on APOS theory, which are theories that study how students build mathematical concepts. The method used in this research is literature study of research articles. The articles studied as study sources were randomly selected with the provisions of the topic of learning differential equations and APOS theory. The selected articles were analyzed descriptively. The results of the study show that the problem that often arises in learning differential equations is conceptual errors so that the models chosen in general are learning models that emphasize concept reinforcement. One of the learning models that support embedding mathematical concepts is a learning model based on the APOS theory.

Keywords: literature study, differential equations, APOS theory

1. PENDAHULUAN

Dalam proses pembelajaran persamaan diferensial, terkadang mahasiswa tidak lepas dari kendala dan kesulitan dalam memahami konsep materi persamaan diferensial. Hal ini dapat dilihat dari hasil Ujian Tengah Semester (UTS) atau Ujian Akhir Semester (UAS) yang tidak sesuai dengan harapan yang diinginkan. Horst (2005) mengungkapkan bahwa dalam pembelajaran persamaan diferensial, biasanya mahasiswa mengalami tiga kesulitan. Pertama, mahasiswa kesulitan dalam membuat pemodelan persamaan diferensial ketika menyelesaikan soal-soal aplikasi. Kedua, mahasiswa kesulitan menyelesaikan soal yang terkait konsep-konsep yang menjadi syarat dalam pembelajaran persamaan diferensial yaitu turunan dan integral. Ketiga, mahasiswa kesulitan dalam menafsirkan solusi penyelesaian hubungannya dengan permasalahan yang disajikan.

Berdasarkan pengalaman selama beberapa tahun terakhir dalam proses belajar mengajar persamaan diferensial di kelas, mahasiswa cenderung kesulitan pada dua hal. Pertama, mahasiswa kesulitan ketika dihadapkan dengan permasalahan kontekstual yakni mahasiswa kesulitan dalam mengubah masalah nyata ke dalam bentuk model matematika. Kedua, mahasiswa mengalami kesulitan dalam mengaitkan konsep-konsep untuk memecahkan permasalahan persamaan diferensial yang melibatkan penggunaan konsep-konsep turunan dan integral. Hal ini sesuai dengan yang diungkapkan Horst (Horst, 2005)

Pernyataan Horst (2005) dan pengalaman mengajar di kelas persamaan diferensial mengenai kesulitan kategori kedua sejalan dengan yang dikemukakan oleh Valcarce & Diaz (Valcarce & Díaz, 2008) pemahaman konsep turunan merupakan kesulitan yang sering muncul dalam pembelajaran persamaan diferensial. Sehingga menurut Valcarce & Diaz (2008) memperhatikan konsepsi mahasiswa tentang unsur-unsur matematika yang dapat membangun persamaan diferensial merupakan hal yang paling penting dalam membuat suatu rencana pembelajaran persamaan diferensial yang baik.

Untuk membantu mahasiswa menanamkan konsep adalah melalui penerapan metode pembelajaran yang tepat. Metode pembelajaran yang dapat membantu mahasiswa menanamkan konsep-konsep matematika dengan baik sehingga dapat mengevaluasi keberhasilan dan kegagalan siswa dalam menangani masalah matematika. Salah satu model pembelajaran matematika di perguruan tinggi yang diduga dapat mengatasi permasalahan tersebut adalah model pembelajaran berdasarkan teori APOS. Teori APOS mengungkapkan bahwa mahasiswa membangun konsep matematika melalui empat tahap yaitu aksi, proses, objek dan skema (Dubinsky, 2001). Salah satu penelitian terkait teori APOS pada pembelajaran persamaan diferensial dilakukan oleh Ningsing & Rohana (2018) hasil penelitiannya mengatakan bahwa pemahaman mahasiswa tentang konsep persamaan diferensial biasa hanya berada pada tahap aksi (Ningsih & Rohana, 2018).

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan gambaran masalah yang sering muncul dalam pembelajaran persamaan diferensial dan metode-metode yang pernah digunakan dalam penelitian pembelajaran persamaan diferensial yang membantu mahasiswa untuk menanamkan konsep materi mata kuliah persamaan diferensial. Sehingga bagi peneliti-peneliti selanjutnya dapat mengambil manfaat dari penelitian ini dengan melihat metode yang belum digunakan dalam pembelajaran persamaan diferensial.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan melalui metode studi literatur artikel-artikel penelitian yang berkaitan dengan pembelajaran persamaan diferensial dan model pembelajaran berdasarkan teori APOS. Pemilihan artikel dilakukan secara acak dengan ketentuan mencari topik pembelajaran persamaan diferensial dan teori APOS. Artikel yang terpilih dianalisis secara deskriptif. Untuk artikel pembelajaran persamaan diferensial yaitu memaparkan sumber artikel, masalah awal penelitian dan metode-metode pembelajaran yang digunakan dalam pembelajaran persamaan diferensial,

sedangkan untuk artikel teori APOS yaitu memaparkan sumber, implementasi teori APOS, dan hasil/temuan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembelajaran Persamaan Diferensial

Artikel pembelajaran persamaan diferensial yang dianalisis dalam penelitian ini berjumlah sepuluh artikel yang diambil dari jurnal dan prosiding. Berikut Tabel 1. adalah daftar penulis, sumber dan publisher artikel-artikel yang terpilih.

Tabel 1. Daftar Artikel

Penulis	Sumber	Publisher
Oh & Kwon (2002)	Prosiding	<i>International Conference on the Teaching of Mathematics (at the Undergraduate Level) 2002</i>
Paraskakis (2003)	Prosiding	<i>The 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2003).</i>
Padir, Muller, & Coullard (2008)	Prosiding	<i>2008 Annual Conference & Exposition, Pittsburgh, Pennsylvania. 10.18260/1-2-3922</i>
Arslan (2010)	Jurnal	<i>Teaching Mathematics and Its Applications</i>
Azman & Ismail (2013)	Jurnal	<i>IJER (Indonesian Journal of Education)</i>
Khotimah & Masduki (2016)	Jurnal	<i>Journal of Research and Advances in Mathematics Education</i>

Penulis	Sumber	Publisher
Brandi & Garcia (2017)	Jurnal	<i>IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)</i>
Aisha, Zamri, Abedalaziz, & Ahmad (2017)	Jurnal	<i>International Journal For Innovative Research In Multidisciplinary Field</i>
Vajravelu (2018)	Jurnal	<i>IEJME (International Electronic Journal Of Mathematics Education)</i>
Bego, Ralston, Thompson, Parsons, & Crush (2018)	Prosiding	<i>ASEE (American Society for Engineering Education) Annual Conference & Exposition</i>

Berdasarkan Tabel 1. dapat dilihat bahwa artikel diambil dari enam jurnal dan empat artikel dari prosiding konferensi internasional dengan tahun terbit mulai dari tahun 2002 sampai tahun 2018. Selanjutnya untuk melihat awal permasalahan dari setiap artikel bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Masalah Awal

Penulis	Masalah Awal
Oh & Kwon (2002)	Kurikulum pendidikan tinggi khususnya persamaan diferensial telah mengalami perubahan penting dalam mendukung aspek visual dan numerik terutama karena kemajuan teknologi terkini, sehingga pemikiran dan pemahaman siswa dalam lingkungan yang direformasi masih kurang
Paraskakis (2003)	Menggeser fokus siswa dari penerapan pola langkah yang didefinisikan untuk mencapai

Penulis	Masalah Awal
	solusi persamaan diferensial ke pemahaman tentang penurunan langkah-langkah yaitu dengan menerapkan keterampilan yang berasal dari pengetahuan konseptual awal dan mengeksplorasinya dalam mencapai solusi
Padir, Muller, & Coullard (2008)	Bagaimana membangun jembatan dari konsep matematika abstrak ke aplikasi praktis dari teori. Kunci sukses adalah menemukan keseimbangan yang tepat antara pemahaman matematika dan aplikasinya dalam bidang studinya sendiri
Arslan (2010)	Kesulitan menghubungkan konsep-konsep dalam kalkulus sehingga kurangnya penguasaan konsep dalam persamaan diferensial
Azman & Ismail (2013)	Mengatasi masalah siswa untuk memahami konsep persamaan diferensial dengan menemukan perkembangan metode pengajaran dalam pembelajaran persamaan diferensial
Khotimah & Masduki (2016)	Kemampuan pemecahan masalah yaitu yang berkaitan dengan menggunakan pengetahuan atau menghubungkan konsep-konsep matematika yang dimilikinya untuk menyelesaikan masalah yang timbul di dunia nyata
Brandi & Garcia (2017)	Kesulitan siswa dalam memahami konsep matematika, dan kurangnya motivasi
Aisha, Zamri, Abedalaziz, & Ahmad (2017)	Mencocokkan metode yang mengarah pada pemecahan masalah untuk pemahaman konsep di tingkat pendidikan yang lebih tinggi, ketika mahasiswa menghubungkan

Penulis	Masalah Awal
	masalah kehidupan nyata
Vajravelu (2018)	Mengajar persamaan diferensial secara efektif untuk membangun pengetahuan konsep-konsep yang baru dengan kuat melalui pengetahuan dasar sebelumnya
Bego, Ralston, Thompson, Parsons, & Crush (2018)	Kesulitan implementasi spesifik dari membalik ruang kelas, dari kebiasaan menggunakan ceramah tradisional untuk menghasilkan kepuasan siswa yang lebih tinggi, retensi pengetahuan yang lebih besar, dan peningkatan kedalaman pengetahuan

Tabel 2. menunjukkan bahwa secara keseluruhan berawal dari masalah memperbaiki konsep persamaan diferensial ataupun memperbaiki konsep yang mendukung pembelajaran persamaan diferensial. Para pakar juga bersetuju bahwa konsep-konsep dalam kalkulus diferensial dan integral sangat dibutuhkan untuk menyelesaikan persamaan diferensial secara akurat sehingga kesalahan mendasar yang sering terjadi dalam menyelesaikan persamaan diferensial yaitu kesalahan konseptual berkurang (Oh & Kwon, 2002); (Paraskakis, 2003); (Padir, Muller, & Coullard, 2008); (Arslan, 2010); (Azman & Ismail, 2017); (Khotimah & Masduki, 2016); (Brandi & Garcia, 2017); (Aisha, Zamri, Abedalaziz, & Ahmad, 2017); (Vajravelu, 2018); (Bego, Ralston, Thompson, Parsons, & Crush, 2018).

Berdasarkan temuan dari 10 artikel yang terpilih untuk masalah awal penelitian-penelitian para ahli tersebut dapat disimpulkan bahwa masalah yang sering muncul berawal dari bagaimana menguatkan pemahaman konsep berdasarkan kesulitan yang terjadi pada pembelajaran persamaan diferensial. Dari temuan ini akan menjadi pertimbangan bagi peneliti untuk melakukan penelitian yang memperhatikan konsep persamaan diferensial dan konsep yang mendukungnya.

Tabel 3. Model yang digunakan dalam pembelajaran Persamaan Diferensial

Penulis	Model
Oh & Kwon (2002)	Mengadaptasi desain pembelajaran Perspektif <i>Realistic Mathematics Education (RME)</i> dengan proses belajar mengajar persamaan diferensial di Ewha Womans University.
Paraskakis (2003)	Pengajaran persamaan diferensial biasa orde dua linier dengan koefisien konstan dengan mengadopsi pendekatan konstruktivis
Padir, Muller, & Coullard (2008)	Mengajarkan persamaan diferensial biasa untuk mahasiswa sarjana di Lake Superior State University (LSSU) kepada kelas yang sangat beragam (jurusan teknik, matematika, kimia, geologi dan sosiologi), dengan penekanan pembelajarannya adalah pada aplikasi pemodelan kehidupan nyata dari persamaan diferensial menggunakan metode pembelajaran berbasis masalah (PBM)
Arslan (2010)	Membandingkan pembelajaran prosedural dengan pembelajaran konseptual
Azman & Ismail (2013)	Melakukan penelitian <i>metasynthesis</i> perkembangan pengajaran metode Persamaan Diferensial pada tahun 2000 ke atas
Khotimah & Masduki (2016)	Mendeskripsikan model pembelajaran <i>kontekstual teaching and learning (CTL)</i> pada mata kuliah persamaan diferensial, untuk meningkatkan kemampuan dosen dalam mengimplementasikan CTL, dan meningkatkan

Penulis	Model
	kemampuan pemecahan masalah mahasiswa pada materi persamaan diferensial
Brandi & Garcia (2017)	Pendekatan proses belajar-mengajar konsep matematika kepada mahasiswa teknik dengan faktor motivasi, yaitu dengan cara setiap siswa dapat memilih masalah yang menjadi minatnya, yang meningkatkan motivasi sehingga mudah dalam menerapkan konsep-konsep Persamaan Diferensial Biasa (ODE)
Aisha, Zamri, Abedalaziz, & Ahmad (2017)	Mengintegrasikan tiga kategori pendekatan pembelajaran persamaan diferensial (pendekatan berbasis aljabar, grafis, numerik, teknologi) ke dalam pendekatan tunggal yaitu pendekatan berbasis inkuiri yang memberi efek positif kepada lingkungan, epistemologis dan keyakinan motivasi pada pembelajaran persamaan diferensial
Vajravelu (2018)	Membandingkan metodologi pengajaran tradisional dengan kelas yang didesain ulang yaitu metode pengajaran inovatif yang menggabungkan komputer, Canvas (Webcourses @ UCF), perangkat lunak WileyPlus, dan sesi aplikasi dalam kelas besar Persamaan Diferensial Biasa I untuk meningkatkan kinerja dan retensi siswa.
Bego, Ralston, Thompson, Parsons, & Crush (2018)	Pembelajaran melalui ceramah di kelas untuk menyampaikan materi baru kepada siswa dan memberikan latihan untuk pekerjaan rumah. Satu kelas lagi, kelas yang dibalik, memberikan materi baru di luar kelas dan siswa kemudian diberi kesempatan untuk mengerjakan masalah secara aktif selama waktu kelas.

Penulis	Model
	Sebuah desain ruang kelas terbalik menggabungkan aktif, kegiatan pembelajaran berbasis masalah dengan metode instruksi langsung, dan dilihat oleh banyak orang sebagai metode pengajaran yang menghasilkan kepuasan siswa yang lebih tinggi, retensi pengetahuan yang lebih besar, dan peningkatan kedalaman pengetahuan

Para ahli tersebut melakukan penelitian dengan berbagai metode pembelajaran dalam pembelajaran persamaan diferensial. Oh & Kwon (2002) mengadaptasi desain pembelajaran *Realistic Mathematics Education (RME)*, Paraskakis (2003) melakukan pembelajaran persamaan diferensial dengan pendekatan konstruktivisme, Padir, Muller, & Coullard (2008) mengaitkan konsep matematika dengan aplikasi dalam pengembangan teknik pengajarannya, Arslan (2010) dalam pembelajaran persamaan diferensial membandingkan pembelajaran prosedural dengan pembelajaran konseptual, Azman & Ismail (2013) melakukan penelitian metasynthesis perkembangan pengajaran metode Persamaan Diferensial pada tahun 2000 ke atas untuk melakukan penelitian pembelajaran persamaan diferensial dengan pembelajaran online seperti diskusi dan e-learning, Khotimah, & Masduki (2016) menggunakan model pembelajaran *kontekstual teaching and learning (CTL)*, Brandi & Garcia (2017) pendekatan teknik pembelajaran dengan faktor motivasi, Aisha, Zamri, Abedalaziz, & Ahmad (2017) mengintegrasikan tiga kategori pendekatan pembelajaran persamaan diferensial (pendekatan berbasis aljabar, grafis, numerik, teknologi) ke dalam pendekatan inkuiri, Vajravelu (2018) menggunakan metode pengajaran inovatif yang menggabungkan komputer, Canvas (Webcourses @ UCF), perangkat lunak WileyPlus, dan sesi aplikasi dalam kelas besar, Bego, Ralston, Thompson, Parsons, & Crush (2018) membandingkan kelas metode ceramah dengan kelas yang terbalik dengan metode ceramah dalam hal penugasan.

Berdasarkan temuan model-model yang digunakan oleh para ahli tersebut dapat disimpulkan bahwa model yang dipilih baik yang menggunakan aplikasi komputer maupun tidak dalam implementasinya memperhatikan masalah yang diberikan kepada mahasiswa yaitu untuk menanamkan secara kuat konsep dalam pembelajaran persamaan diferensial.

Untuk membantu mahasiswa menanamkan konsep adalah melalui penerapan metode pembelajaran yang tepat. Salah satu metode pembelajaran yang tidak sama dengan 10 artikel terpilih yang diduga dapat membantu mahasiswa menanamkan konsep-konsep matematika dengan baik adalah metode pembelajaran berdasarkan teori APOS. Dengan dugaan tersebut peneliti tertarik untuk mengkaji artikel-artikel penelitian model pembelajaran berdasarkan teori APOS.

Pembelajaran Matematika Berdasarkan Teori APOS

Tabel 4. berikut menunjukkan enam artikel dan satu makalah yang terpilih.

Tabel 4. Daftar Artikel

Penulis	Sumber	Publisher
Dubinsky (2001)	Jurnal	<i>Newsletter 12 of Talam, The Teaching and Learning Mathematics Subgrup of Mathematical Association</i>
Weller, Clark, E, Loch, & McDonald (2006)	Jurnal	<i>RUMEC Studies</i>
Arnawa, Sumarno, Kartasasmita, & Baskoro (2007)	Jurnal	<i>Journal of the Indonesian Mathematical Society</i>
Nurlaelah & Sumarmo (2009)	Makalah	Seminar Nasional Universitas Pendidikan

Penulis	Sumber	Publisher
		Indonesia
Hartati (2014)	Jurnal	<i>International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)</i>
Syamsuri, Purwanto, Subanji, & Irawati (2017)	Jurnal	<i>International Journal on Emerging Mathematics Education (IJEME)</i>
Baye, Ayele, & Wondimune h, (2021)	Jurnal	<i>Elsevier Ltd</i>

Berdasarkan Tabel 4. dapat dilihat bahwa artikel diambil dari beberapa jurnal dan makalah seminar nasional dengan tahun terbit mulai dari tahun 2000 sampai tahun 2021.

Tabel 5. Kajian dan Temuan

Penulis	Kajian	Temuan
Dubinsky (2001)	Penggunaan teori pembelajaran APOS dalam mata kuliah matematika di Perguruan Tinggi	Instruksi berdasarkan Teori APOS menghasilkan hasil yang lebih baik daripada yang diharapkan dalam pembelajaran konvensional
Weller, Clark, E, Loch, & McDonald (2006)	Pengembangan dan implementasi pembelajaran berbasis teori APOS	Teori APOS telah digunakan dalam merancang kurikulum dan perlakuan instruksional yang dapat meningkatkan pemahaman dan kinerja matematika mahasiswa

Penulis	Kajian	Temuan
Arnawa, Sumarno, Kartasmita, & Baskoro (2007)	Menganalisis pencapaian kemampuan pembuktian pada aljabar abstrak	Pembelajaran dengan teori APOS lebih baik daripada pembelajaran tradisional dalam meningkatkan kemampuan pembuktian pada Aljabar Abstrak
Nurlaelah & Sumarmo (2009)	Implementasi model pembelajaran APOS dan modifikasi – APOS (M-APOS) pada mata kuliah struktur aljabar	Hasil belajar pada mata kuliah struktur aljabar dengan model pembelajaran APOS dan M-APOS lebih tinggi dibandingkan kelas yang menggunakan model ekspositori
Hartati (2014)	Mengkaji karakteristik model pembelajaran logika & algoritma sesuai teori APOS dan menguji model pembelajaran tersebut apakah dapat meningkatkan hasil belajar siswa atau tidak	Terdapat empat pencapaian subkompetensi karakteristik logika dan algoritma pembelajaran berdasarkan teori APOS yaitu aksi, proses, objek, dan skema. Model terbukti mampu meningkatkan hasil belajar siswa khususnya pada tataran tindakan dan proses
Syamsuri, Purwanto, Subanji, & Irawati (2017)	Mendesripsikan proses berpikir mahasiswa yang gagal mengonstruksi bukti-matematis formal	Siswa membutuhkan pendampingan untuk menyempurnakan proses enkapsulasi. Salah satu caranya adalah belajar dengan menggunakan

Penulis	Kajian	Temuan
		contoh kerja.
Baye, Ayele, & Wondimuneh, (2021)	Implementasi GeoGebra terintegrasi dengan pendekatan multi-pengajaran yang dipandu oleh teori APOS untuk meningkatkan pemahaman konseptual limit	Pemahaman konseptual siswa tentang limit meningkat dengan menggunakan GeoGebra yang terintegrasi dengan pendekatan multi-pengajaran yang dipandu oleh teori APOS

Para pakar mengungkapkan bahwa teori APOS merupakan suatu teori pembelajaran matematika yang penerapannya dikhususkan bagi mahasiswa perguruan tinggi melalui tahap aksi, proses, objek dan skema. Aksi merupakan kemampuan untuk memahami suatu konsep dengan bantuan stimulus eksternal seperti perangkat lunak. proses adalah kemampuan untuk memikirkan tindakan yang sama berdasarkan desain *input* dan *output* tertentu. objek adalah kemampuan untuk memikirkan transformasi atas tindakan dan proses, sehingga dapat dikaitkan dengan tindakan ke proses, proses ke proses berdasarkan keluaran tertentu. skema adalah kemampuan untuk mengkonstruksi hubungan antara tindakan, proses, objek, dan konsep lainnya dalam pemecahan masalah (Dubinsky, 2001); (Weller, Clark, E, Loch, & McDonald, 2006); (Arnawa, Sumarno, Kartasasmita, & Baskoro, 2007); (Nurlaelah & Sumarmo, 2009); (Hartati, 2014); (Syamsuri, Purwanto, Subanji, & Irawati, 2017); (Baye, Ayele, & Wondimuneh, 2021).

Dubinsky (2001) memaparkan bagaimana penggunaan teori pembelajaran APOS dalam mata kuliah matematika di Perguruan Tinggi yaitu pada materi aljabar dapat meningkatkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan pembelajaran konvensional, Weller, Clark, E, Loch, & McDonald (2000) memaparkan penelitian-penelitian pengembangan dan implementasi pembelajaran berbasis teori APOS dapat

meningkatkan pemahaman dan kinerja matematika mahasiswa, Arnawa, Sumarno, Kartasasmita, & Baskoro (2007) menganalisis pencapaian kemampuan pembuktian dengan pembelajaran berdasarkan teori APOS dan hasilnya dapat meningkatkan kemampuan pembuktian, Nurlaelah & Sumarmo (2009) memaparkan hasil penelitian implementasi model pembelajaran APOS dan modifikasi APOS pada mata kuliah struktur aljabar lebih baik hasilnya dibanding pembelajaran ekspositori, Hartati (2014) mengkaji model pembelajaran logika dan algoritma berdasarkan teori APOS untuk meningkatkan hasil belajar dan hasil penelitiannya menunjukkan bahwa model yang dikaji dapat meningkatkan hasil belajar, Syamsuri, Purwanto, Subanji, & Irawati (2017) mendeskripsikan penggunaan teori APOS dalam membantu proses berpikir mahasiswa yang gagal dalam pembuktian, Baye, Ayele, & Wondimuneh (2021) menyatakan bahwa pemahaman konseptual siswa dapat meningkat melalui pengajaran yang dipandu oleh teori APOS.

Berdasarkan temuan dari lima artikel yang terpilih dapat disimpulkan bahwa pembelajaran matematika di perguruan tinggi dengan menggunakan teori APOS dapat meningkatkan kemampuan yang diharapkan. Sehingga model pembelajaran berdasarkan teori APOS dapat menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan kemampuan matematika di Perguruan Tinggi salah satunya pembelajaran persamaan diferensial.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan studi literatur artikel-artikel penelitian dapat disimpulkan bahwa kesalahan yang sering muncul dalam pembelajaran persamaan diferensial adalah kesalahan konseptual, model-model pembelajaran yang digunakan dalam pembelajaran persamaan diferensial lebih kepada model untuk penguatan konsep. Selanjutnya berdasarkan kajian artikel penerapan teori APOS dalam pembelajaran matematika didapat kesimpulan bahwa teori APOS merupakan salah satu teori yang mempelajari bagaimana individu membangun sendiri konsep matematika yang penerapannya dikhususkan bagi mahasiswa

perguruan tinggi dan dapat meningkatkan hasil yang diinginkan. Adapun saran dari hasil kajian artikel-artikel ini adalah adanya penelitian lebih lanjut mengenai penerapan teori APOS dalam pembelajaran persamaan diferensial.

REFERENSI

- Aisha, B., Zamri, S., Abedalaziz, N., & Ahmad, M. (2017). Teaching and Learning of Differential Equation: A Critical Review to Explore Potential Area for Reform Movement. *International Journal for Innovative Research in Multidisciplinary Field*, 3(6), 225–235.
- Arnawa, I. M., Sumarno, U., Kartasmita, B., & Baskoro, E. T. (2007). Applying the Apos Theory To Improve Students Ability To Prove in Elementary Abstract Algebra. *Journal of the Indonesian Mathematical Society*, 13(1), 133–148. <https://doi.org/10.22342/jims.13.1.80.133-148>
- Arslan, S. (2010). Traditional instruction of differential equations and conceptual learning. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 29(2), 94–107. <https://doi.org/10.1093/teamat/hrq001>
- Azman, A., & Ismail, Z. (2017). Learning Differential Equations: a Metasynthesis of Qualitative Research. *Ijer - Indonesian Journal of Educational Review*, 1(1), 55. <https://doi.org/10.21009/ijer:01.01.06>
- Baye, M. G., Ayele, M. A., & Wondimuneh, T. E. (2021). Implementing GeoGebra integrated with multi-teaching approaches guided by the APOS theory to enhance students' conceptual understanding of limit in Ethiopian Universities. *Heliyon*, 7(5), e07012. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07012>
- Bego, C. R., Ralston, P. A., Thompson, A., Parsons, A., & Crush, G. J. (2018). Flipping the differential equations classroom: Changes over time. *ASEE Annual Conference and Exposition*, *Conference Proceedings*, 2018-June. <https://doi.org/10.18260/1-2--30528>
- Brandi, A. C., & Garcia, R. E. (2017). Motivating engineering students to math classes: Practical experience teaching ordinary differential equations. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, 2017-October, 1–7. <https://doi.org/10.1109/FIE.2017.8190489>
- Dubinsky, E. (2001). Using a Theory of Learning in College Mathematics Courses. *MSOR Connections*, 1(2), 10–15. <https://doi.org/10.11120/msor.2001.01020010>
- Hartati, S. J. (2014). Design of Learning Model of Logic and Algorithms Based on APOS Theory. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 3(2), 109–118. <https://doi.org/10.11591/ijere.v3i2.5743>
- Horst, E. (2005). Examining Differences in Student Achievements in Differential Equations. *McNair Scholars Online Journal*, 1(1), 165–179. <https://doi.org/10.15760/mcnair.2005.165>
- Khotimah, R. P., & Masduki, M. (2016). Improving Teaching Quality and Problem Solving Ability Through Contextual Teaching and Learning in Differential Equations: A Lesson Study Approach. *JRAMathEdu (Journal of Research and Advances in Mathematics Education)*, 1(1), 1–13. <https://doi.org/10.23917/jramathedu.v1i1.1791>
- Ningsih, Y. L., & Rohana, R. (2018). Pemahaman Mahasiswa Terhadap Persamaan Diferensial Biasa Berdasarkan Teori Apos. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran Matematika*, 11(1). <https://doi.org/10.30870/jppm.v11i1.2995>
- Nurlaelah, E., & Sumarmo, U. (2009). Implementasi Model Pembelajaran APOS

dan Modifikasi-APOS (M-APOS) Pada Mata Kuliah Struktur Aljabar. 2–15.

Oh, W., & Kwon, N. (2002). Conceptualizing the Realistic Mathematics Education Approach in The Teaching and Learning of Ordinary Differential Equations. *Proceedings of the 2nd International Conference on the of Mathematics (at Undergraduated Level)*, 1–11.

Padir, T., Muller, K. O., & Coullard, C. (2008). Teaching differential equations in a diverse classroom. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2--3922>

Paraskakis, I. (2003). Rethinking the teaching of differential equations through the constructivism paradigm. *Proceedings - 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2003*, 506–510. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2003.1215219>

Syamsuri, S., Purwanto, P., Subanji, S., & Irawati, S. (2017). Using APOS Theory Framework: Why Did Students Unable To Construct a Formal Proof? *International Journal on Emerging Mathematics Education*, 1(2), 135. <https://doi.org/10.12928/ijeme.v1i2.5659>

Vajravelu, K. (2018). Innovative Strategies for Learning and Teaching of Large Differential Equations Classes. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 13(2), 91–95. <https://doi.org/10.12973/iejme/2699>

Valcarce, M., & Díaz, J. (2008). Initial Diagnostic Assessment To Support Learning. *Cerme8.Metu.Edu.Tr*. Retrieved from http://cerme8.metu.edu.tr/wgpapers/WG14/WG14_Codes_Valcarce.pdf

Weller, K., Clark, J., E, D., Loch, S., & McDonald, M. (2006). An examination of student performance data in recent RUMEC studies. *Manuscript Submitted*,

580. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:An+examination+of+student+performance+data+in+recent+RUMEC+studies#0>