



## Pembelajaran *Interactive Demonstration* dengan Diagram Gaya melalui *Real* dan *Virtual Lab* untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Dinamika Rotasi

Received  
23 Juli 2020

Revised  
10 Agustus 2020

Accepted for Publication  
29 Agustus 2020

Published  
03 September 2020

D E Saputri dan A Suyudi\*

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang 5, Malang, 65145, Indonesia

\*E-mail: agus.suyudi.fmipa@um.ac.id



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

### Abstract

This study aims to determine whether the dynamics of learning rotation through interactive demonstration style diagrams through real and virtual laboratories can improve students' conceptual understanding and what difficulties students still experience after participating in learning activities. This study uses a mixed method embedded experimental model. The subjects of this study were 29 students of class XI SMAN 1 Karangrejo in 2019/2020. The results showed that students' understanding of concepts improved after learning. The difficulties that are still experienced by students include (1) determining the torque if the force diagram has not been shown, (2) identifying the quantity that affects the moment of inertia of a rigid object, (3) determining the resultant effect of torque on angular acceleration, and (4) identifying objects that are balanced in context other than seesaw.

**Keywords:** rotational dynamics, interactive demonstration, force diagrams, laboratory.

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah pembelajaran dinamika rotasi melalui *interactive demonstration* diagram gaya melalui *real* dan *virtual lab* dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa dan kesulitan apa sajakah yang masih dialami siswa setelah mengikuti kegiatan pembelajaran. Penelitian menggunakan *mix method embedded experimental model*. Subjek penelitian 29 siswa kelas XI SMAN 1 Karangrejo 2019/2020. Hasil penelitian menunjukkan pemahaman konsep siswa meningkat setelah pembelajaran. Kesulitan yang masih dialami siswa diantaranya (1) menentukan torka bila diagram gaya belum ditampilkan, (2) mengidentifikasi besaran yang memengaruhi momen inersia benda tegar, (3) menentukan pengaruh resultant torka terhadap percepatan sudut, dan (4) mengidentifikasi benda setimbang pada konteks selain jungkat-jungkit.

**Kata Kunci:** dinamika rotasi, *interactive demonstration*, diagram gaya, laboratorium.

## 1. Pendahuluan

Pembelajaran fisika memiliki tujuan utama memberikan pemahaman konsep yang baik kepada siswa, sehingga siswa dapat menggunakan konsep tersebut untuk memecahkan masalah [1]–[3]. Persoalan-persoalan fisika yang dikemas dalam berbagai konteks mampu diselesaikan siswa dengan tepat apabila siswa memiliki pemahaman konsep yang baik. Siswa yang paham konsep mampu memilah konsep mana yang sesuai untuk menyelesaikan persoalan yang ada. Dalam rangka mencapai tujuan utama pembelajaran fisika tersebut penting untuk menciptakan pembelajaran yang menekankan pemahaman konsep siswa utamanya pada konsep-konsep fundamental fisika.

Konsep-konsep fundamental dalam fisika yang perlu dikuasai dengan baik oleh siswa salah satunya tergabung dalam topik dinamika benda tegar (*rigid body*) [4]. Gerakan benda tegar pada umumnya mencakup kombinasi gerak translasi (berpindah tempat) dan rotasi (berputar terhadap

sumbu tertentu). Oleh sebab itu, untuk menjelaskan gerakan benda tegar secara lengkap tidak cukup menggunakan dinamika model partikel (benda titik) di mana gerakannya hanya berupa gerak translasi saja. Siswa perlu menguasai konsep-konsep fundamental dinamika rotasi agar dapat menjelaskan gerakan benda-benda tegar di sekitar kehidupan mereka sehari-hari.

Penelitian sebelumnya menunjukkan banyak siswa keliru dalam memaknai torka [5], [6]. Siswa menganggap bahwa gaya dan torka adalah konsep yang setara dan keduanya sulit dibedakan [5]–[9]. Apabila dua buah gaya dikenakan pada arah yang berlawanan di suatu ujung batang, siswa menganggap torka bernilai nol karena saling meniadakan. Siswa mengalami kesulitan menghubungkan resultan torka yang bekerja pada suatu benda dengan arah rotasi benda [9]. Siswa tidak mengetahui bahwa momen inersia merupakan fungsi distribusi massa pada suatu sumbu [5], [6]. Siswa sulit menerapkan Hukum II Newton pada gerak rotasi [10].

Pada uraian di atas nampaknya siswa masih banyak mengalami kesulitan memahami konsep-konsep fundamental dinamika rotasi. Kesulitan siswa bisa diakibatkan karena dinamika rotasi merupakan topik baru bagi siswa SMA, artinya belum pernah dipelajari di SMP [11]. Sehingga, siswa merasa asing dengan pembelajaran dinamika rotasi. Untuk mengatasi kesan ‘asing’ tersebut, pembelajaran perlu dikaitkan dengan konsep-konsep yang sudah dikenal dengan cukup akrab oleh siswa, yaitu hukum Newton pada dinamika partikel. Pembelajaran dinamika rotasi memerlukan keterlibatan guru untuk transisi pengetahuan siswa dari dinamika partikel ke dinamika rotasi.

Pembelajaran melalui demonstrasi memfasilitasi siswa mengonstruksi pengetahuannya sendiri, namun keterlibatan guru dalam pembelajaran masih tinggi. Pembelajaran ini mampu membantu siswa memahami fenomena dengan jelas [12]. Pembelajaran *interactive demonstration* dipilih karena melibatkan siswa selama kegiatan demonstrasi berlangsung. Keterlibatan siswa dalam pembelajaran *interactive demonstration* berupa menjelaskan fenomena serta membuat prediksi-prediksi terhadap demonstrasi yang akan dilakukan [13]. Pembelajaran *interactive demonstration* memerlukan representasi diagram gaya dan memanfaatkan *real* dan *virtual lab* untuk menampilkan fenomena.

## 2. Metode

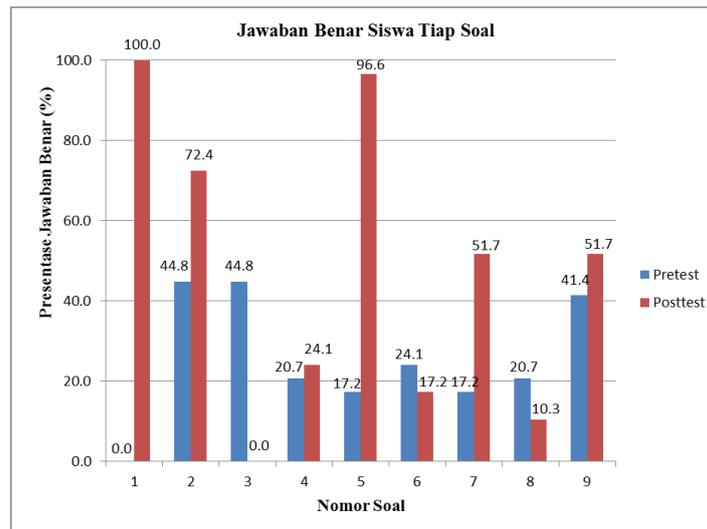
Penelitian menggunakan pendekatan *mix methods* desain *embedded experimental models*. Subjek penelitian adalah 29 siswa kelas XI SMAN 1 Karangrejo 2019/2020. Instrumen penelitian yang digunakan yakni sembilan soal pilihan ganda beralasan yang diadaptasi dari penelitian sebelumnya. Materi tes meliputi torka, momen inersia, Hukum II Newton gerak rotasi, dan kesetimbangan benda tegar. Instrumen penelitian lainnya adalah pedoman wawancara. Seluruh butir soal dinyatakan valid dan *reliable*. Tingkat kesukaran seluruh butir soal dalam kategori sedang. Analisis data dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan pada sekelompok siswa dalam satu kelas. Pengaruh pembelajaran yang dilaksanakan terhadap pemahaman konsep siswa dapat dikatehui berdasarkan analisis data skor *pretest* dan *posttest*. Skor *pretest* merupakan skor yang diperoleh siswa sebelum kegiatan pembelajaran dilaksanakan. Sedangkan skor *posttest* diperoleh setelah kegiatan pembelajaran dilaksanakan. Hasil analisis secara kuantitatif skor *pretest posttest* dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Statistik deskriptif skor *pretest-posttest*, nilai tes dalam skala 0–9.

Statistik	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	<i>N-Gain</i>
N	29	29	29
Minimum	0,00	2,00	0,00
Maksimum	4,00	8,00	0,86
<i>Mean</i>	2,31	4,24	0,2759
Standar Deviasi	1,072	1,244	0,191
<i>Skewness</i>	-0,493	0,702	1,265



Gambar 1. Jawaban benar siswa tiap butir soal.

Rata-rata skor siswa mengalami peningkatan dari *pretest* ke *posttest*. Selanjutnya dilakukan uji beda *paired sample t test* data skor *pretest posttest* untuk mengetahui signifikansi perbedaan secara statistik. Hasil uji diperoleh nilai  $t = -6,886$  dengan  $p = 0.000$ . Nilai  $p < 0,05$  sehingga diperoleh data skor *pretest* dan *posttest* berbeda secara signifikan. Nilai  $t$  table untuk  $df = 28$  dengan probabilitas 0,025 yakni 2,04841 sehingga nilai  $t$  hitung  $> t$  table. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang telah dilakukan mampu meningkatkan pemahaman konsep siswa. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh [10] yang menyatakan adanya peningkatan pemahaman konsep siswa setelah dilakukan pembelajaran dengan *interactive demonstration* berbantuan *free-body diagram* [10]. Pembelajaran dengan *interactive demonstration* mampu meningkatkan pemahaman konsep siswa [14]–[16]. Peningkatan penguasaan konsep juga terjadi melalui pembelajaran menggunakan bantuan *virtual lab* [17]–[19].

Data jawaban benar siswa setiap butir soal disajikan pada Gambar 1. Parameter efektivitas pembelajaran peningkatan skor *pretest* ke *posttest* siswa rata-rata *gain* individual ternormalisasi dan diperoleh hasil sebesar 0,2759. Hasil ini menunjukkan bahwa siswa mengalami peningkatan skor pada kategori rendah [20]. Rendahnya peningkatan ini karena menurunnya jumlah siswa yang memilih opsi yang tepat pada soal nomor 3, 6, dan 8.

Berdasarkan Gambar 1 dapat diidentifikasi beberapa nomor soal yang mengalami peningkatan presentase pemahaman konsep. Soal-soal yang mengalami peningkatan persentase pemahaman konsep diantaranya adalah soal nomor 9, 5, 7, 2, dan 4. Berikutnya analisis pemahaman konsep siswa digolongkan berdasarkan adaptasi kategori pemahaman konsep seperti pada Tabel 2 [21]. Soal-soal dengan pemahaman konsep siswa yang tinggi setelah dilakukan kegiatan pembelajaran yakni soal nomor 1 dan 5. Soal-soal dengan pemahaman konsep sedang terjadi pada soal nomor 2, 7, dan 9. Soal-soal dengan pemahaman konsep rendah diantaranya terjadi pada soal soal nomor 3, 4, 6, dan 8.

Pada topik yang sama diperoleh tingkat pemahaman konsep yang berbeda (Tabel 3). Temuan ini diperoleh pada beberapa topik. Pada topik torka soal-soal disajikan pada nomor 1, 2, dan 3. Ketiganya memiliki kriteria pemahaman yang berbeda. Soal nomor 1 dan nomor 3 menghasilkan kriteria pemahaman yang kontras. Pada topik momen inersia juga diperoleh kategori pemahaman konsep yang berbeda. Hal ini terjadi pula pada topik hukum II Newton gerak rotasi dan kesetimbangan benda tegar. Temuan ini menunjukkan bahwa siswa masih mengalami beberapa kesulitan setelah kegiatan pembelajaran dilaksanakan.

Tabel 2. Kategori pemahaman konsep siswa.

No	Uraian	Keterangan
1.	$0\% \leq x \leq 30\%$	Rendah
2.	$30\% < x \leq 60\%$	Sedang
3.	$60\% < x \leq 100\%$	Tinggi

**Tabel 3.** Topik, kemampuan yang diuji, dan kriteria pemahaman konsep tiap butir soal.

Topik	Kemampuan yang Diuji	No. Soal	Kategori Pemahaman Konsep
Torka	Menentukan resultan torka sama dengan nol dengan sumbu rotasi di pusat massa	1	Tinggi
	Menentukan resultan torka yang tidak sama dengan nol dengan sumbu rotasi di pusat massa	2	Sedang
Momen Inersia	Menganalisis torka oleh gaya pada dua sistem yang berbeda	3	Rendah
	Menentukan besaran yang memengaruhi momen inersia benda tegar	4	Rendah
	Menentukan besarnya momen inersia benda tegar pada suatu sumbu yang berjarak tertentu dari pusat massa	5	Tinggi
Hukum II Newton Gerak Rotasi	Membandingkan percepatan sudut beberapa sistem akibat resultan torka yang bekerja pada benda berbeda (momen inersia benda sama)	6	Rendah
	Menganalisis percepatan sudut dua sistem apabila momen inersia berbeda (torka sama)	7	Sedang
Keseimbangan Benda Tegar	Menentukan kondisi benda dalam keseimbangan bila dikenai beberapa torka yang berbeda-beda pada konteks bola	8	Rendah
	Menentukan persamaan torka terhadap sumbu tertentu pada konteks jungkat-jungkit	9	Sedang

Kesulitan yang dialami siswa setelah mengikuti pembelajaran dijumpai pada seluruh topik. Kesulitan-kesulitan yang dipaparkan didasarkan pada soal-soal dengan pemahaman konsep rendah. Persoalan tentang torka yang disajikan pada soal nomor 3 memperoleh respon jawaban yang buruk, yang mana tidak satupun siswa mampu memilih opsi yang tepat saat *posttest* pada soal ini. Temuan ini sangat kontras dengan respon soal yang diberikan siswa pada nomor 1 yang mana semua siswa mampu memilih opsi yang tepat saat *posttest*. Soal nomor 1 dinilai lebih rumit dari pada nomor 3 karena menampilkan empat gaya sekaligus yang bekerja pada suatu batang sedangkan soal nomor 3 hanya menampilkan satu gaya yakni gaya berat oleh tanah liat yang identik. Meski demikian gaya-gaya yang bekerja pada soal nomor 1 ditampilkan secara eksplisit sedangkan soal nomor 3 diagram gaya belum ditampilkan secara eksplisit. Hal ini menunjukkan bahwa nampaknya siswa belum cakap mengidentifikasi gaya dalam bentuk diagram gaya. Sehingga kesulitan menentukan torka oleh gaya.

Persoalan tentang momen inersia yang disajikan pada nomor 4 mendapatkan respon siswa yang kurang baik apabila dibandingkan dengan soal momen inersia nomor 5 yang mana 28 dari 29 siswa mampu memilih opsi yang tepat saat *posttest*. Soal nomor 4 merupakan soal konseptual terkait besaran-besaran yang memengaruhi momen inersia benda tegar. Siswa nampak kesulitan mengidentifikasi persoalan konseptual daripada penyelesaian matematis menggunakan rumus-rumus. Temuan yang diperoleh menunjukkan bahwa siswa sulit  $I = kmR^2$  yang dimaknai bahwa momen inersia benda tegar dipengaruhi oleh bentuk benda, massa yang bergantung pada benda, dan letak sumbu rotasi.

Persoalan tentang Hukum II Newton gerak rotasi disajikan pada nomor 6 dan 7. Soal nomor 6 meminta siswa menentukan pengaruh torka total terhadap percepatan sudut. Sedangkan soal nomor 7 meminta siswa menentukan pengaruh momen inersia terhadap percepatan sudut. Soal nomor 6 kurang mendapat respon yang positif saat *posttest* daripada soal nomor 7. Hal ini menunjukkan bahwa siswa nampak masih kesulitan mengoperasikan Hukum II Newton gerak rotasi kaitannya dengan pengaruh resultan torka terhadap percepatan sudut daripada pengaruh momen inersia terhadap percepatan sudut *resoure* siswa lebih dominan tentang momen inersia kaitannya dengan ukuran kelembaman gerak rotasi dan hubungannya dengan percepatan rotasi yang dihasilkan. Semakin besar momen inersia akan menghasilkan percepatan sudut yang kecil.

Persoalan tentang keseimbangan benda tegar disajikan dalam soal nomor 8 dan 9. Keseimbangan benda tegar pada soal nomor 8 disajikan dalam konteks bola yang dikenai gaya pada titik-titik tertentu sedangkan soal nomor 9 disajikan dalam konteks jungkat-jungkit. Respon siswa terhadap soal nomor 8 kurang baik dibandingkan dengan respon siswa terhadap soal nomor 9 saat *posttest*. Hasil demikian diduga diakibatkan oleh kegiatan pembelajaran yang menampilkan jungkat-

jungkit dalam menjelaskan kesetimbangan benda tegar. Latihan soal yang diberikan pada LKPD juga menentukan kesetimbangan benda tegar pada jungkat-jungkit apabila dipilih sumbu rotasi di titik selain titik tengah atau pusat massa jungkat-jungkit. Pembelajaran kurang menampilkan fenomena kesetimbangan pada konteks-konteks lainnya. Sehingga siswa merasa kesulitan apabila konsep yang sama ditampilkan dalam konteks yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman siswa pada suatu konsep masih terkait dengan konteks yang disajikan [22].

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Pemahaman konsep dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar siswa mengalami peningkatan setelah dilakukan pembelajaran *interactive demonstration* dengan diagram gaya melalui *real* dan *virtual lab*. Kesulitan-kesulitan yang masih dimiliki siswa pada konsep dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar setelah mengikuti kegiatan pembelajaran antara lain (1) kesulitan menentukan torka apabila gaya yang ada belum ditampilkan secara eksplisit dalam bentuk diagram gaya, (2) kesulitan mengidentifikasi besaran-besaran yang memengaruhi momen inersia benda tegar berdasarkan  $I = kmR^2$ , (3) kesulitan menentukan pengaruh resultan torka terhadap percepatan sudut katannya dengan Hukum II Newton gerak rotasi, dan (4) kesulitan mengidentifikasi kondisi benda dalam kesetimbangan pada konteks selain jungkat-jungkit.

#### Daftar Rujukan

- [1] Sutopo, "Students' Understanding of Fundamental Concepts of Mechanical Wave," *J. Pendidik. Fis. Indones.*, vol. 12, pp. 41–53, 2016.
- [2] J. L. Docktor and J. P. Mestre, "A Synthesis of Discipline-Based Education Research in Physics," *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 10, no. 2, pp. 1–148, 2014.
- [3] B. Hegde and B. N. Meera, "How Do They Solve It? An Insight into The Learner's Approach to the Mechanism of Physics Problem Solving," *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–9, 2012.
- [4] M. Lopez, "Angular and Linear Acceleration in A Rigid Rolling Body: Student's," *Eur. J. Phys.*, vol. 24, pp. 553–562, 2003.
- [5] L. G. Rimoldini and C. Singh, "Student Understanding of Rotational and Rolling Motion Concepts," *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2005.
- [6] I. Duman, N. Demirci, and A. Sekercioglu, "University Students' Difficulties and Misconceptions on Rolling, Rotational Motion, and Torque Concepts," *Int. J. New Trends Educ. Their Implic.*, vol. 6, pp. 46–54, 2015.
- [7] N. Khasanah, W. Wartono, and L. Yuliati, "Analysis of Mental Model of Students using Isomorphic Problems in Dynamics of Rotational Motion Topic," *J. Pendidik. IPA Indones.*, vol. 5, no. 2, pp. 186–191, 2016.
- [8] D. Sarkity, L. Yuliati, and A. Hidayat, "Kesulitan Siswa SMA dalam Memecahkan Masalah Kesetimbangan dan Dinamika Rotasi," in *Prosiding Semnas Pendidikan IPA Pascasarjana UM*, vol. 1, 2016.
- [9] G. C. Adam *et al.*, "Misconceptions in Rolling Dynamics . A Case Study of an Inquiry Based Learning Activity," in *ASEE 123<sup>rd</sup> Annual Conference*, New Orleans, 2016.
- [10] O. D. Pranata, L. Yuliati, and D. Wartono, "Concept Acquisition of Rotational Dynamics by Interactive Demonstration and Free-Body Diagram," *J. Educ. Learn.*, vol. 11, no. 3, p. 291, 2017.
- [11] Permendikbud, *Salinan Lampiran Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 21 Tahun 2016 tentang Standar Isi Pendidikan Dasar dan Menengah*, 2016.
- [12] D. Rohendi, H. Sutarno, and M. A. Ginanjar, "Efektivitas Metode Pembelajaran Demonstrasi terhadap Peningkatan Hasil Belajar Siswa Kelas X pada Mata Pelajaran Keterampilan Komputer dan Pengelolaan Informasi Di Sekolah Menengah Kejuruan," *J. PTIK*, vol. 3, no. 1, pp. 16–18, 2010.
- [13] C. J. Wenning, "The Levels of Inquiry Model of Science Teaching," *Journal of Physics Teacher Education*, vol. 6, no. 2, pp. 9–16, 2011.

- [14] I. Wijaya, I. Kirna, and I. Suardana, "Model Demonstrasi Interaktif Berbantuan Multimedia dan Hasil Belajar IPA Aspek Kimia Siswa SMP," *J. Pendidik. dan Pengajaran*, vol. No. 1, pp. 88–98, 2012.
- [15] M. N. R. Jauhariyah, Z. Zaitul, and M. Indina, "Learn Physics Using Interactive Demonstration to Reduce The Students' Misconceptions on Mechanical Wave," In *Mathematics, Informatics, Science, and Education International Conference (MISEIC 2018)*, Atlantis Press, 2018.
- [16] F. N. Annisa, S. Karim, and A. Aminudin, "Penerapan Metode Pembelajaran Demonstrasi Interaktif untuk Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Siswa SMA pada Konsep Suhu dan Kalor," *J. Pengajaran Mat. dan Ilmu Pengetah. Alam*, vol. 19, no. 1, p. 88, 2014.
- [17] M. Faour and Z. Ayoubi, "The Effect of Using Virtual Laboratory on Grade 10 Students' Conceptual Understanding and Their Attitudes towards Physics," *J. Educ. Sci. Environ. Heal.*, vol. 4, no. 1, pp. 54–68, 2018.
- [18] M. Ramadhan and Irwanto, "Using Virtual Labs to Enhance Students' Thinking Abilities, Skills, and Scientific Attitudes," In *New Trends in Networking, Computing, E-learning, Systems Sciences, and Engineering*, pp. 187–192, Springer, Cham, 2015.
- [19] F. Yahya, Hermansyah, and S. Fitriyanto, "Virtual Experiment untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa pada Konsep Getaran dan Gelombang," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [20] R. R. Hake, "Interactive-Engagement Versus Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses," *Am. J. Phys.*, vol. 66, no. 1, pp. 64–74, 1998.
- [21] W. P. Sari, E. Suyanto, and W. Suana, "Analisis Pemahaman Konsep Vektor pada Siswa Sekolah Menengah Atas," *J. Ilm. Pendidik. Fis. Al-Biruni*, vol. 6, no. 2, p. 159, 2017.
- [22] M. Taqwa and D. Pilendia, "Kekeliruan Memahami Konsep Gaya, Apakah Pasti Miskonsepsi?," *J. Inov. Pendidik. Fis. dan Integr.*, vol. 01, no. 02, pp. 1–12, 2018.