
SCIENCE OUTREACH AT MADRASA MENGGUNAKAN SIMULASI PhET (PHYSICS EDUCATION TECHNOLOGY)

Ogi Danika Pranata^{1*}, Seprianto¹, Ismi Adelia¹, Siti Riva Darwata¹, Noperta¹

¹Tadris Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan, Institut Agama Islam Negeri Kerinci

*email: ogidanika@gmail.com

Abstract

PhET (Physics Education Technology) is a technological product that contains a collection of interactive simulations for science learning. PhET simulations have been proven effective for various levels: high, middle, and elementary school. However, their implementation is tailored for each level. The implementation of PhET simulations for groups of students with varying levels or heterogeneous classes in science outreach is the main topic of this activity. Activity supports the enhancement of STEM literacy, which is an important aspect of life today. The science outreach activity, known as Ogirium: Mathematics and Science for Students, focuses on groups of students from different levels (heterogeneous classes). Community-based research was applied. There are 19 participants from various levels of students. At the end of the activity, students take a concept comprehension test. Subsequently, students receive feedback on the test results, and a questionnaire is given to gather participants' perceptions of the activity. This activity revealed three important findings: 1) science outreach activities are beneficial and can serve as alternative learning and empowerment for the community, 2) PhET is effective for the learning process in heterogeneous classes, and 3) science outreach in heterogeneous classes can create multidirectional cooperation, both among students from various levels and between teachers and students.

Keywords: Heterogeneous class; Madrasa; PhET; science outreach

Abstrak

PhET (Physics Education Technology) merupakan produk teknologi yang berisi kumpulan simulasi interaktif untuk pembelajaran sains. Simulasi PhET terbukti efektif untuk berbagai tingkatan: SMA, SMP, dan SD. Namun penerapannya terpisah untuk setiap tingkatan. Penerapan simulasi PhET untuk kelompok pelajar dengan tingkatan yang bervariasi atau kelas heterogen dalam science outreach menjadi topik utama kegiatan pengabdian kali ini. Kegiatan ini mendukung peningkatan literasi STEM yang menjadi aspek penting dalam kehidupan sekarang. Kegiatan science outreach yang disebut dengan Ogirium: Matematika dan Sains untuk Pelajar. Fokus kegiatan adalah kelompok pelajar dari berbagai tingkatan (kelas heterogen). Community-based research diterapkan. Peserta kegiatan sebanyak 19 pelajar dari berbagai tingkatan. Pada akhir kegiatan pelajar mengikuti tes pemahaman konsep. Selanjutnya pelajar menerima umpan balik hasil tes dan angket diberikan kepada peserta untuk mengumpulkan data persepsi terhadap kegiatan. Kegiatan mengungkapkan tiga temuan penting, yaitu 1). kegiatan science outreach bermanfaat dan dapat menjadi alternatif pembelajaran dan pemberdayaan bagi komunitas, 2). PhET efektif untuk proses pembelajaran pada kelas heterogen, dan 3). Science outreach pada kelas heterogen dapat menciptakan kerja sama berbagai arah, baik antar pelajar dari berbagai tingkatan ataupun antara pengajar dan pelajar.

Kata Kunci: Kelas heterogen; Madrasa; PhET; science outreach

1. PENDAHULUAN

PhET (*Physics Education Technology*) hadir sebagai produk teknologi berupa aplikasi

berbasis *Java*, *Flash* dan *HTML5* yang berisi kumpulan simulasi interaktif untuk pembelajaran sains, khususnya fisika. Simulasi PhET dapat dijalankan secara *online* ataupun didownload ke komputer untuk akses *offline*. PhET dikembangkan oleh tim ahli dari Universitas Colorado. Dua tujuan utama hadirnya PhET adalah untuk meningkatkan minat pelajar terhadap sains (fisika pada awalnya) dan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran (Wieman & Perkins, 2006).

Sampai sekarang PhET telah diterapkan secara luas dalam pembelajaran di tingkat sekolah menengah atas (SMA) dan perguruan tinggi, menentukan dampak PhET pada pembelajaran, sikap pelajar, kemampuan pemecahan masalah, dan mengkombinasikan PhET dengan berbagai strategi pembelajaran (Kathy Perkins, 2020). Simulasi PhET terbukti efektif dan dapat diterapkan pada berbagai kondisi pembelajaran, baik di kelas, individu, kelompok kecil, tugas, dan kegiatan lab (Wieman et al., 2010). Penerapan simulasi PhET di tingkat pendidikan yang lebih rendah, yaitu sekolah menengah tingkat pertama (SMP) juga terbukti bermanfaat dan efektif (Katherine Perkins et al., 2012). Selanjutnya di tingkat sekolah dasar (SD) juga telah dibuktikan manfaat dan efektivitas PhET, seperti pada simulasi keseimbangan yang digunakan untuk mendeteksi miskonsepsi dan kemudian membangun konsep yang benar mengenai keseimbangan (Bogdanović, 2020).

Tingkat pendidikan menjadi faktor utama yang menentukan bagaimana proses pembelajaran dilaksanakan. Pembelajaran di tingkat sekolah dasar berbeda dengan tingkat menengah pertama dan atas. Tentunya juga berbeda dengan pembelajaran dari perguruan tinggi. Perbedaan dapat ditunjukkan dari sudut pandang materi, aktivitas, tingkat kesulitan tes, dan sebagainya. Sebelumnya telah dipaparkan bahwa simulasi dalam PhET efektif diterapkan untuk tingkat perguruan tinggi, SMA, SMP, dan SD. Namun penerapannya terpisah untuk setiap tingkatan. Bagaimana jika terdapat suatu satu kelompok pelajar yang berasal dari beberapa tingkatan (*kelas heterogen*) berada dalam satu kelas belajar yang sama? Apakah PhET dapat digunakan secara efektif sebagai media pembelajaran?

Kelompok pelajar yang bervariasi atau kelas heterogen ini ditemukan dalam kegiatan *science outreach*. Salah satu tujuan dari *science outreach* adalah untuk memberikan pembelajaran sains kepada masyarakat, khususnya pelajar dari berbagai tingkat sehingga terbentuk satu kelompok pelajar dengan tingkatan kelas atau bahkan tingkat sekolah yang bervariasi. Hambatan utama untuk melakukan kegiatan *science outreach* adalah waktu dan sumber belajar untuk menghasilkan presentasi yang menarik bagi peserta kegiatan (Metz et al., 2018). Masalah waktu dapat disesuaikan antara pengajar dan peserta, seperti pada akhir pekan atau di luar jam sekolah. Waktu di luar jam sekolah (*after-school*) memberikan banyak keuntungan seperti tidak mengganggu jam belajar sekolah, peserta terlibat dalam kegiatan karena keinginan sendiri, dan tempat kegiatan dapat divariasikan (Curtis, 2017). Kemudian untuk sumber belajar, khususnya untuk matematika dan sains, dapat dimanfaatkan simulasi PhET tersedia dan siap pakai (Podolefsky et al., 2009) di website PhET (<https://phet.colorado.edu/en/simulations>).

Dengan mengkombinasi tiga elemen di atas (pembelajaran matematika dan sains untuk pelajar, waktu di luar jam sekolah, dan simulasi PhET) dibentuk kegiatan *science outreach* yang disebut dengan *Ogrium: Matematika dan Sains untuk Pelajar*. *Ogrium* berasal dari dua kata, yaitu *Ogi* dan *Arium*. Istilah *Ogi* (walaupun sama dengan nama penulis sendiri) dalam hal ini berasal dari bahasa Yunani *logos* yang berarti buah pemikiran atau ilmu pengetahuan. Analog dengan istilah untuk membentuk kata *Geologi*, *Biologi*, dan sebagainya. Kemudian istilah *-arium* merupakan akhiran yang berarti suatu lokasi atau wadah. Jadi istilah *Ogrium* analog dengan istilah *akuarium* (wadah untuk air dan kehidupan di dalamnya), *terrarium* (wadah untuk miniatur bumi), *herbarium* (wadah untuk representasi tanaman), dan sebagainya. Kita dapat mendesain sendiri *akuarium*, *terrarium*, dan *herbarium* sesuai dengan kebutuhan dan tujuan tertentu. Jadi *Ogrium* bermakna sebagai wadah untuk ilmu

pengetahuan. Kemudian kita juga dapat mendesain *Ogiriium* kita sendiri dengan berdasarkan pada kebutuhan dan tujuan. Dalam kegiatan *science outreach*, *Ogiriium* didesain untuk pembelajaran matematika dan sains untuk pelajar.

2. IDENTIFIKASI MASALAH

Kegiatan *science outreach* dengan melibatkan elemen teknologi yang tertanam dalam simulasi PhET pada matematika dan sains sesuai dengan kondisi pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Kondisi seperti ini dapat mendukung peningkatan literasi STEM yang menjadi aspek penting dalam kehidupan sekarang (Curtis, 2017; Kathy Perkins, 2020). Ide krusial melalui pembelajaran matematika dan sains menggunakan simulasi PhET dalam kegiatan *science outreach* memerlukan pembuktian untuk kelas yang heterogen. Bagaimana proses pembelajaran sebaiknya dilaksanakan dalam kelompok atau kelas heterogen menjadi tantangan besar untuk kegiatan *science outreach*. Apakah penggunaan simulasi PhET dalam proses pembelajaran dapat menjangkau seluruh peserta dari berbagai tingkatan? Apakah PhET dapat berfungsi sebagai media belajar yang efektif untuk kelompok atau kelas heterogen dalam *science outreach*? Inilah topik utama diskusi dalam artikel ini

3. METODE PELAKSANAAN

Peserta atau pelajar dalam kegiatan *science outreach* adalah 19 pelajar yang terdiri dari 6 siswa SD, 9 siswa SMP, dan 4 siswa SMA di Desa Tanjung Pauh Mudik. Kelompok pelajar tersebut bervariasi dalam hal tingkatan sekolah dan kelas sehingga dapat disebut sebagai *kelas heterogen*. Kelas heterogen ini identik dengan kondisi masyarakat dengan tingkat pendidikan yang bervariasi. Mengetahui bagaimana dan apa yang sebaiknya diterapkan dalam memberikan informasi pada kelas heterogen atau masyarakat merupakan kemampuan yang diperlukan di era sekarang. Untuk itu peneliti ingin memaparkan salah satu solusi yang dapat diterapkan dalam proses pembelajaran melalui kegiatan *science outreach* pada kelompok atau kelas heterogen, yaitu menggunakan PhET (*Physics Education Technology*).

Penelitian sekaligus merupakan pengabdian dilaksanakan mengacu kepada kebutuhan komunitas untuk mempelajari matematika dan sains di luar lingkungan kelas secara formal. Hal ini sesuai dengan hakikat sebenarnya ilmu pengetahuan, tidak hanya ada dipelajari dalam kelas formal di sekolah, tetapi juga dapat dipelajari melalui kegiatan di luar kelas seperti *science outreach*. *Community-based research* menjadi dasar dalam melaksanakan kegiatan penelitian dan pengabdian ini. Masyarakat, khususnya pelajar dari berbagai tingkatan menjadi komunitas dalam kegiatan kali ini. Komunitas ini tertarik untuk mempelajari matematika dan sains. Kondisi ini sesuai dengan sifat dasar dari *community-based research*, yaitu sifat kolaborasi dalam proses pengajaran, pembelajaran, dan pemberdayaan yang efektif bagi semua anggota komunitas yang terlibat (Pranata, 2021a; Strand et al., 2003).

Pertanyaan utama dalam artikel ini dapat dijawab dengan proses pembelajaran melalui kegiatan *science outreach* menggunakan aplikasi PhET. Kemudian pada akhirnya dilakukan tes untuk melihat bagaimana pemahaman konsep pelajar terhadap materi sesuai dengan simulasi PhET yang digunakan. Selanjutnya pelajar menerima *feedback* terhadap hasil tes dan angket diberikan kepada pelajar untuk mengumpulkan data persepsi mereka terhadap kegiatan *science outreach* menggunakan PhET.

Hasil tes dan persepsi pelajar dianalisis secara deskriptif untuk memberikan gambaran pemahaman konsep peserta dan pandangan mereka terhadap kegiatan *science outreach* yang telah mereka ikuti. Beberapa temuan tambahan juga dipertimbangkan untuk didiskusikan sebagai dasar untuk penelitian dan pengabdian lebih lanjut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam kegiatan *science outreach*, PhET diterapkan pada *konsep pecahan* (matematika)

dan *keseimbangan* (fisika). Hasilnya akan dibahas untuk masing-masing konsep.

4.1 Konsep Pecahan

Simulasi PhET yang digunakan adalah *mencari pasangan pecahan (Fraction Matcher)*. Simulasi dapat diakses melalui link <https://phet.colorado.edu/en/simulations/fraction-matcher> atau scan QR code (Gambar 1). Pada dasarnya simulasi menghubungkan dua representasi pecahan, yaitu angka dan gambar. Gambar yang digunakan merupakan gambar dari bangun datar dari dua dimensi seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.

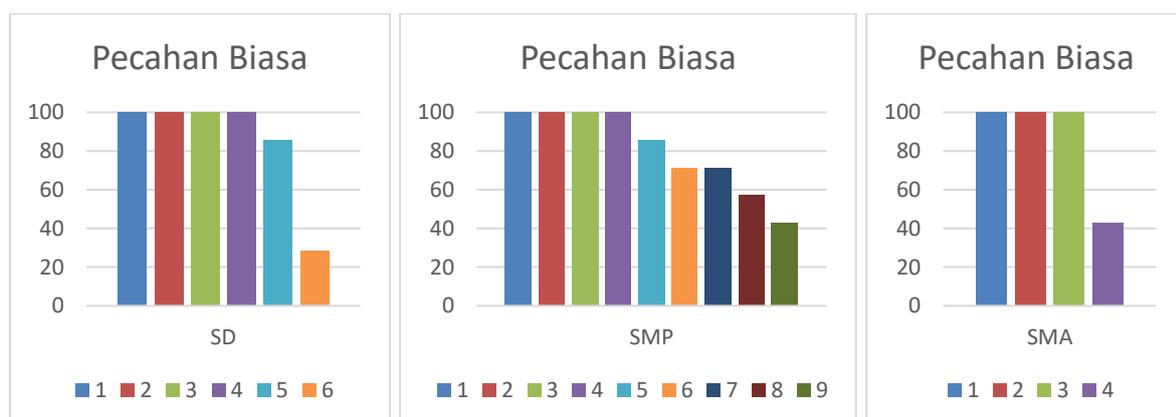


Gambar 1. QR Code simulasi *Fraction Matcher*

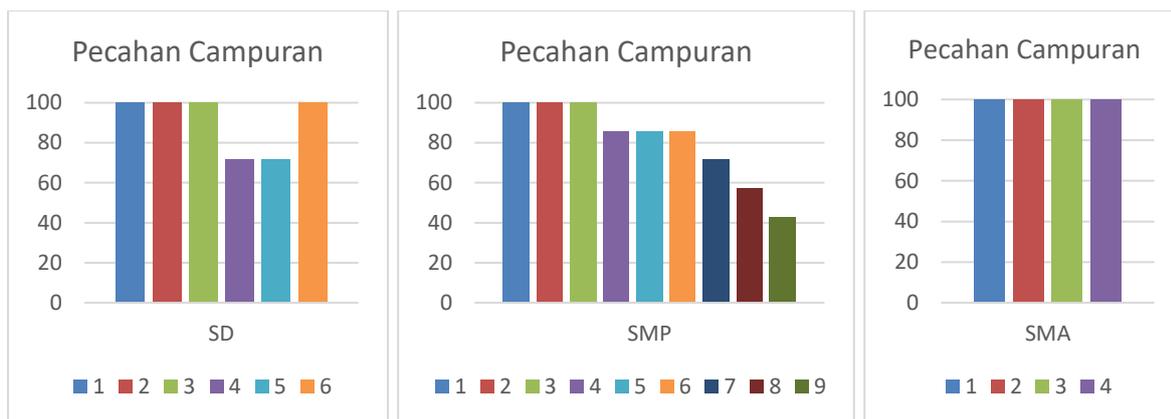


Gambar 2. Tampilan simulasi *Fraction Matcher*

Setelah mengikuti pembelajaran menggunakan simulasi PhET “*mencari pasangan pecahan (Fraction Matcher)*”, pelajar diberikan 14 butir soal yang terdiri dari 7 soal pecahan biasa dan 7 soal pecahan campuran. Karena kelas heterogen, data hasil jawaban pelajar ditunjukkan secara kelompok berdasarkan tingkatan pendidikan (SD, SMP, dan SMA) seperti pada Gambar 3 untuk pecahan biasa dan Gambar 4 untuk pecahan campuran.



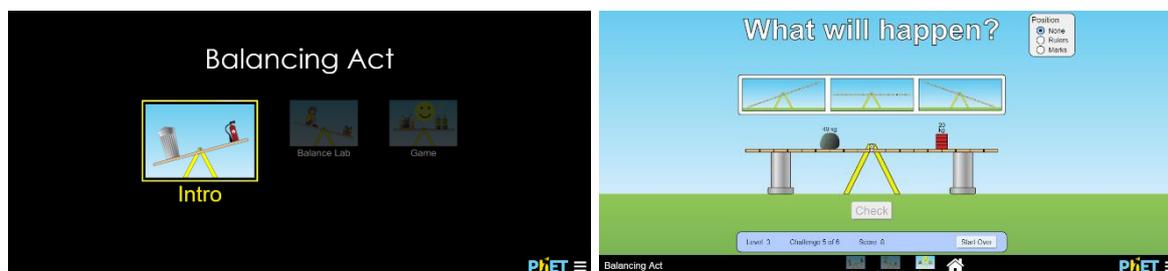
Gambar 3. Nilai Pelajar untuk Soal Pecahan Biasa



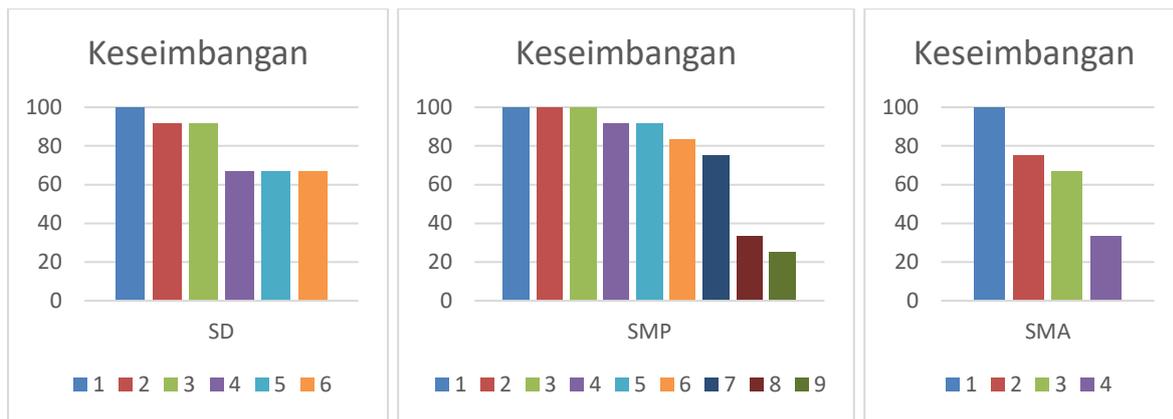
Gambar 4. Nilai Pelajar untuk Soal Pecahan Campuran

4.2 Keseimbangan

Simulasi PhET yang digunakan adalah *keseimbangan (Balancing Act)*. Simulasi dapat diakses melalui link <https://phet.colorado.edu/en/simulations/balancing-act> atau scan QR code (Gambar 5) dan tampilan simulasi ditunjukkan oleh Gambar 6.

Gambar 5. QR Code simulasi *Balancing Act*Gambar 6. Tampilan simulasi *Balancing Act*

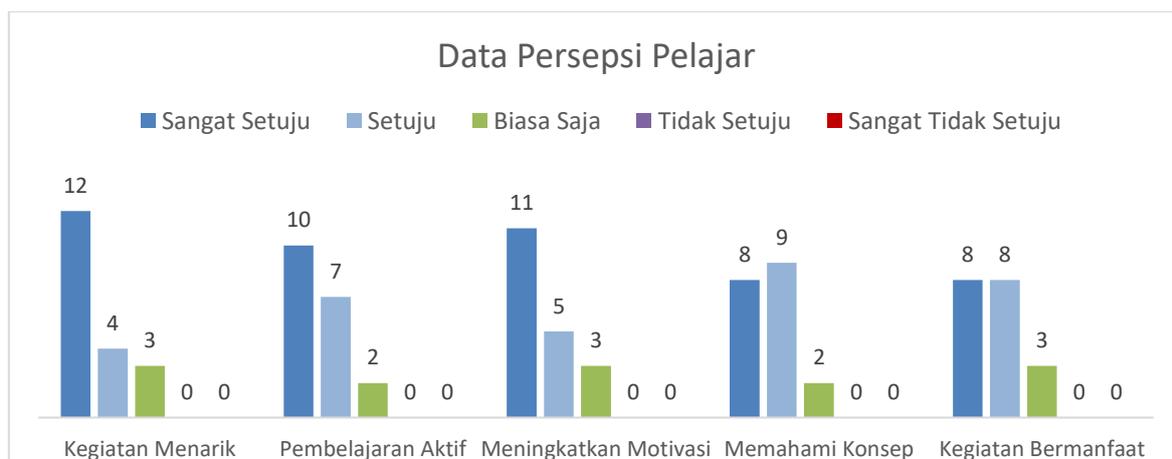
Setelah mengikuti pembelajaran menggunakan simulasi PhET *Balancing Act* pelajar mengikuti latihan yang ada dalam simulasi. Terdapat 4 tingkatan kesulitan soal, yaitu level 1-4 dengan tingkat kesulitan yang meningkat. Masing-masing level terdiri dari 6 soal. Soal pada level 1 dan 3 sebagai soal latihan, sedangkan soal level 2 dan 4 untuk tes pemahaman konsep keseimbangan. Karena kelas heterogen, data hasil jawaban pelajar ditunjukkan secara kelompok berdasarkan tingkatan pendidikan seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Nilai Pelajar untuk Soal Keseimbangan

4.3 Persepsi Siswa

Bagian penting dari kegiatan *science outreach* adalah dampak dari kegiatan terhadap peserta kegiatan atau anggota komunitas. Dampak kegiatan *science outreach* untuk aspek kognitif pada bidang matematika dan sains telah ditunjukkan untuk dua konsep, yaitu konsep pecahan dan keseimbangan. Dampak kegiatan *science outreach* terhadap persepsi peserta diperoleh melalui lembar observasi yang diberikan kepada peserta pada akhir kegiatan. Berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan beberapa poin penting terkait persepsi peserta terhadap kegiatan *science outreach* yang telah mereka ikuti.

Gambar 7. Data Persepsi Pelajar terhadap Kegiatan *Science Outreach*

Terdapat 5 aspek persepsi pelajar terhadap kegiatan *Science outreach* yang ditanyakan dalam angket seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Secara keseluruhan tidak ada pelajar yang tidak setuju (sangat tidak setuju) dengan kelima aspek tersebut. Kegiatan *science outreach* menarik bagi sebagian besar pelajar. Salah satu pelajar mengungkapkan bahwa yang membuat pembelajaran menjadi lebih menarik adalah keterlibatan teknologi dalam proses pembelajaran, yaitu simulasi PhET. Tidak hanya menarik, PhET untuk mendukung kegiatan interaktif melalui tampilan dan kuis yang terdapat didalamnya. Oleh karena ini sebagian besar pelajar memandang bahwa pembelajaran dalam kegiatan *science outreach* melalui penerapan simulasi PhET dapat menciptakan suasana belajar yang aktif.

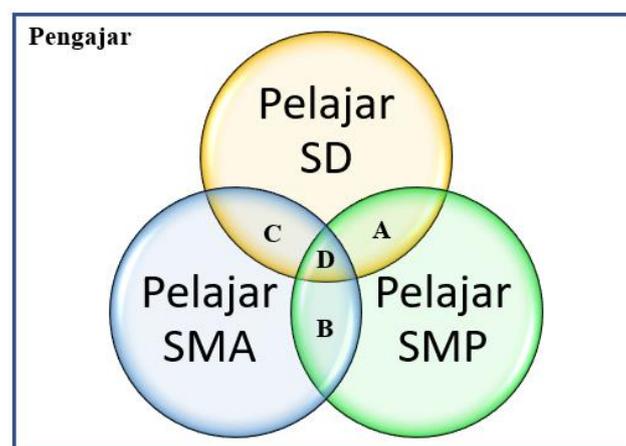
Proses pembelajaran yang menarik dan aktif ini dapat meningkatkan motivasi pelajar untuk mengikuti kegiatan *science outreach* dan berusaha untuk memahami konsep matematika dan sains yang diberikan dalam kegiatan tersebut. Kondisi ini sesuai dengan salah satu tujuan utama dari kegiatan *science outreach* adalah untuk menginspirasi dan

memotivasi peserta dalam belajar sains (Ramirez, 2011).

Simulasi PhET telah didesain dengan bentuk visual yang menarik dan interaktif. Pembelajaran yang mendukung berbagai bentuk visualisasi seperti diagram, grafik (Pranata et al., 2016), dan interaktivitas (Pranata et al., 2017) terbukti memberikan dampak positif terhadap akuisisi dan pemahaman konsep siswa. Hal ini ditunjukkan dari nilai rata-rata secara keseluruhan untuk konsep pecahan (biasa dan campuran) dan konsep keseimbangan cukup tinggi, yaitu 83,5, 88, dan 76,8 secara berurutan. PhET memang telah terbukti dapat meningkatkan pemahaman konsep pelajar pada berbagai tingkat sekolah secara terpisah. Namun yang menarik dalam kegiatan kali ini adalah PhET juga terbukti dapat meningkatkan pemahaman konsep pelajar dalam kelas heterogen.

Pada akhirnya pengajar mengumpulkan data persepsi pelajar mengenai kebermanfaatannya dari kegiatan *science outreach*. Sebagian besar pelajar (16 dari 19) setuju bahwa kegiatan *science outreach* memberikan manfaat kepada mereka, terutama berhubungan dengan proses pembelajaran matematika dan sains. Kegiatan seperti ini dapat diperluas jangkauannya: baik dari sisi konsep yang diberikan ataupun peserta kegiatan. Kegiatan *science outreach* dapat diberikan untuk konsep sains yang berbeda, bahkan untuk disiplin lain yang dipandang perlu dan bermanfaat. Selanjutnya peserta kegiatan *science outreach* dapat diperluas jangkauannya dengan melibatkan kerja sama dengan pihak sekolah atau bahkan melibatkan masyarakat umum secara luas.

Temuan lain yang penting dari kegiatan *science outreach* ini adalah terciptanya hubungan kerja sama lintas angkatan, misalnya antara pelajar SD-SMP (A), SMP-SMA (B), SD-SMA (C), ataupun kombinasi ketiganya (D) seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 8 di bawah. Kerja sama juga tercipta antar pelajar dan pengajar dalam kegiatan belajar mengajar melalui *science outreach*. Kerja sama ini dapat meningkatkan kepercayaan diri untuk saling berbagi pandangannya kepada peserta lain terkait dengan materi atau konsep yang diberikan. Kerja sama dalam proses pembelajaran melalui *science outreach* penting untuk meningkatkan keterlibatan pelajar dalam pendidikan matematika dan sains (Beck et al., 2006).



Gambar 8. Hubungan Kerja Sama antar Pelajar

5. KESIMPULAN

Kegiatan kali ini mengungkapkan tiga temuan penting yang dapat disimpulkan, yaitu 1). kegiatan *science outreach* memberikan manfaat kepada peserta dan dapat menjadi alternatif pembelajaran dan pemberdayaan bagi komunitas, 2). PhET efektif untuk proses pembelajaran dengan kelompok pelajar yang bervariasi atau kelas heterogen seperti dalam kegiatan *science outreach*, dan 3). Kegiatan pembelajaran melalui *science outreach* pada kelas heterogen dapat menciptakan kerja sama dengan berbagai arah, baik antar pelajar dari berbagai tingkatan ataupun antara pengajar dan pelajar.

Melalui kegiatan *science outreach* menggunakan PhET ini, peneliti sekaligus pengajar merekomendasi penggunaan PhET untuk pembelajaran matematika dan sains. Kegiatan *science outreach* selanjutnya dapat dilakukan dengan melibatkan guru matematika dan sains, kemudian pelajar-siswi mereka untuk ruang lingkup yang lebih luas. Lebih lanjut, melalui kegiatan ini peneliti menyadari bahwa produk teknologi yang didesain dalam simulasi PhET dapat dimanfaatkan untuk pembelajaran pada kelompok atau kelas heterogen. Implikasinya, metode yang sama mungkin dapat diterapkan untuk kegiatan diskusi publik dalam masyarakat yang heterogen. Selanjutnya, kegiatan *science outreach* dengan kelompok atau kelas heterogen ini juga identik dengan kondisi kelas di daerah pelosok, dimana masih ditemukan kekurangan tenaga pengajar. Seorang guru mungkin mengajar beberapa kelas secara bersamaan. Penerapan PhET mungkin dapat menjadi solusi untuk situasi tersebut dengan mempertimbangkan materi dan aktivitas pembelajaran sesuai tingkatan sekolah atau tingkatan kelas. Pendekatan lain juga menarik untuk diterapkan dalam kegiatan *science outreach* seperti pembelajaran berbasis pada tantangan (*puzzle-based learning*) (Pranata, 2021b), pembelajaran berbasis pada permainan (*game-based learning*), dan sebagainya.

6. REFERENSI

- Beck, M. R., Morgan, E. A., Strand, S. S., & Woolsey, T. A. (2006). Mentoring: Volunteers bring passion to science outreach. *Science*, 314(5803), 1246–1247. <https://doi.org/10.1126/science.1131917>
- Bogdanović, I. (2020). *Introducing Concept of Equilibrium in Primary School Physics Class*. 18, 92–96.
- Curtis, K. S. (2017). Science after school: Way cool! A course-based approach to teaching science outreach. *Advances in Physiology Education*, 41(1), 10–15. <https://doi.org/10.1152/advan.00107.2016>
- Metz, C. J., Downes, S., & Metz, M. J. (2018). The in's and out's of science outreach: Assessment of an engaging new program. *Advances in Physiology Education*, 42(3), 487–492. <https://doi.org/10.1152/advan.00085.2018>
- Perkins, Katherine, Moore, E., Podolefsky, N., Lancaster, K., & Denison, C. (2012). Towards research-based strategies for using PhET simulations in middle school physical science classes. *AIP Conference Proceedings*, 1413, 295–298. <https://doi.org/10.1063/1.3680053>
- Perkins, Kathy. (2020). Transforming STEM Learning at Scale: PhET Interactive Simulations. *Childhood Education*, 96(4), 42–49. <https://doi.org/10.1080/00094056.2020.1796451>
- Podolefsky, N. S., Adams, W. K., & Wieman, C. E. (2009). Student choices when learning with computer simulations. *AIP Conference Proceedings*, 1179, 229–232. <https://doi.org/10.1063/1.3266722>
- Pranata, O. D. (2021a). Kerja Sama Guru-Dosen untuk Menghadapi Tantangan Besar dalam Kompetisi Sains Cabang Kebumihan. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 8(3), 315–321. <https://doi.org/https://doi.org/10.32699/ppkm.v8i3.1938>
- Pranata, O. D. (2021b). Pelatihan Kompetisi Sains Nasional (KSN) Cabang Matematika Tingkat SMP/MTs melalui Pembelajaran Berbasis Puzzle. *Jurnal Pengabdian Masyarakat MIPA Dan Pendidikan MIPA (JPMMP)*, 5(2), 118–124. <https://doi.org/10.21831/jpmmp.v5i2.42276>
- Pranata, O. D., Wartono, W., & Yuliati, L. (2016). Kesulitan siswa SMA pada Penggunaan Free-body Diagram dalam Materi Dinamika. *Proseiding Seminar Nasional Pendidikan*

- IPA Pascasarjana UM*, 394–404. <http://pasca.um.ac.id/wp-content/uploads/2017/02/Ogi-Danika-394-404.pdf>
- Pranata, O. D., Yuliati, L., & Wartono. (2017). Concept Acquisition of Rotational Dynamics by Interactive Demonstration and Free-Body Diagram. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 11(3), 291–298. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v11i3.6410>
- Ramirez, A. G. (2011). Science Saturdays: A simple science outreach model to achieve broad impact. *Materials Research Society Symposium Proceedings*, 1320, 1–8. <https://doi.org/10.1557/opl.2011.539>
- Strand, K., Marullo, S., Cutforth, N., Stoecker, R., & Donohue, P. (2003). *Community-Based Research and Higher Education*. Jossey-Bass.
- Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P., & Perkins, K. K. (2010). Teaching Physics Using PhET Simulations. *The Physics Teacher*, 48(4), 225–227. <https://doi.org/10.1119/1.3361987>
- Wieman, C. E., & Perkins, K. K. (2006). A powerful tool for teaching science. *Nature Physics*, 2(5), 290–292. <https://doi.org/10.1038/nphys283>