



Tersedia online di EDUSAINS  
Website: <http://journal.uinjkt.ac.id/index.php/edusains>  
EDUSAINS,15(1), 2023, 18-31



### Research Artikel

## KONTRIBUSI CITIZEN SCIENCE PROJECT TERHADAP CAPAIAN PEMBELAJARAN SAINS: SISTEMATIK LITERATUR REVIEW

Ipin Aripin<sup>1\*</sup>, Topik Hidayat<sup>2</sup>, Nuryani Y. Rustaman<sup>3</sup>, Riandi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Majalengka, Majalengka, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Pendidikan Biologi, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Pendidikan IPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

[ipin\\_aripin@unma.ac.id](mailto:ipin_aripin@unma.ac.id)<sup>1\*</sup>

### Abstract

*The research on the contributions of Citizen Science (CS) at the school and university levels has primarily focused on the technical execution of projects undertaken by participants. Rarely has it measured the types of contributions these projects have on the science learning outcomes of the participants. This study aims to understand various types of Citizen Science Projects and their contributions to science learning achievements at the school and university levels. The study employs the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) method, consisting of five stages: identification, scanning, eligibility, dan inclusion. The research findings identify 19 types of CSPs that contribute to science learning achievements at the school and university levels. Six indicators of science learning outcomes are measured through the implementation of CSPs in science education, both in schools and universities. These indicators include interest in science and the environment, motivation for learning science, self-efficacy, knowledge of content and scientific processes, science inquiry skills, and environmental awareness. The contributions of CSPs to these measured indicators of science learning outcomes show positive and significant results. Based on the research findings, it can be concluded that CSPs contribute to science learning outcomes through input, output, and nurturant effects resulting from the implementation of CSPs. Educators can incorporate CSPs into science education to facilitate more optimal science learning.*

**Keywords:** citizen science; learning outcome; science learning.

### Abstrak

Penelitian kontribusi CS pada jenjang sekolah dan Universitas selama ini lebih difokuskan pada teknis pelaksanaan proyek yang dikerjakan partisipan, jarang sekali mengukur jenis kontribusi proyek terhadap capaian pembelajaran sains pada pesertanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berbagai jenis Citizen Science Project dan kontribusinya pada capaian pembelajaran sains jenjang sekolah dan Universitas. Studi ini menggunakan metode PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) dengan empat tahapan, yaitu identification, scanning, eligibility, dan inclusion. Hasil penelitian menemukan 19 jenis CSP yang berkontribusi terhadap capaian pembelajaran sains pada jenjang sekolah dan Universitas. Terdapat enam indikator capaian pembelajaran sains yang diukur melalui implementasi CSP dalam pembelajaran sains di sekolah dan Universitas, yaitu ketertarikan/minat terhadap sains dan lingkungan, motivasi belajar sains, self-efficacy, pengetahuan konten dan proses sains, keterampilan inkuiri sains, dan kepedulian terhadap lingkungan. Kontribusi CSP terhadap indikator-indikator capaian pembelajaran sains yang diukur menunjukkan hasil yang positif dan signifikan. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa CSP memiliki kontribusi capaian pembelajaran sains berupa input, output dan nurturant effect dari implementasi CSP. Pengajar dapat menerapkan CSP dalam pembelajaran sains untuk memfasilitasi pembelajaran sains yang lebih optimal.

**Keywords:** Citizen science project, learning outcome, pembelajaran sains.

**Permalink/DOI:** <http://doi.org/10.15408/es.v13i2.29003>

**How To Cite:** Aripin, I., Hidayat, T., Rustaman, N. Y., Riandi. (2023). Kontribusi citizen science project terhadap capaian pembelajaran sains: sistematik literatur review. EDUSAINS, 15 (1) : 18-31.

\*Corresponding author

Received: 8 November 2022; Revised: 27 July 2023; Accepted: 08 August 2023

EDUSAINS, p-ISSN 1979-7281 e-ISSN 2443-1281

This is an open access article under CC-BY-SA license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

## PENDAHULUAN

*Citizen science* (CS) merupakan pendekatan yang saat ini sangat populer di kalangan para saintis sebagai metode yang efektif dalam melakukan kolaborasi penelitian dengan jangkauan area yang luas untuk perolehan data penelitian cepat (Carr, 2004). CS dimaknai sebagai partisipasi publik dalam penelitian ilmiah (Bonney, Ballard, et al., 2009). CS dimaknai juga sebagai gerakan yang melibatkan publik dalam penemuan, pemantauan, dan eksperimen ilmiah di berbagai disiplin ilmu (Theobald et al., 2015). Mengacu pada pendapat tersebut dapat disimpulkan bahwa CS merupakan kegiatan penelitian kolaborasi yang melibatkan partisipasi publik dan ilmuwan dalam pengumpulan, analisis, dan publikasi hasil penelitian ilmiah yang bertujuan memecahkan permasalahan nyata dalam kehidupan sehari-hari. Kegiatan proyek yang dilakukan oleh *Citizen Scientist* disebut sebagai *Citizen Science Project* (CSP).

CSP banyak digunakan untuk monitoring, identifikasi, dan pengumpulan data lingkungan dan biodiversitas (Theobald et al., 2015). Kegiatan CSP dapat dilakukan dalam bentuk observasi lapangan dan online. Kegiatan CS secara online dikenal sebagai *Online Citizen Science* (OCS) dengan memanfaatkan *platform* berbasis web untuk merekrut partisipan kegiatan secara online seperti melalui media sosial (Masters et al., 2016; Liberatore et al., 2018). OCS dapat memanfaatkan *smartphone*, internet/web, atau aplikasi (Apk) berbasis Android (Paul & Buytaert, 2018).

OCS menurut Curtis (2015) dikelompokkan menjadi tiga, yaitu *distributed computing*, *distributed thinking* dan *citizen science games*. *Distributed computing* dilakukan dengan peserta menyumbangkan daya komputasi partisipan untuk analisis data dalam volume besar; adapun *distributed thinking* dilakukan dengan peserta mengikuti tugas klasifikasi, anotasi objek, atau transkripsi data (seperti buku log ilmiah atau catatan lapangan), dan *Citizen Science Games*,

dilakukan dengan pemain membantu memecahkan masalah penelitian ilmiah melalui antarmuka game (Curtis, 2015). Beberapa situs penyedia OCS antara lain: Citizen Science (<http://www.citizenscience.id/>), iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/>), Zooniverse (<https://www.zooniverse.org/>), *Citizen Science Europa* (<https://ecsa.citizen-science.net/> dan lain-lain).

Adapun kegiatan CSP dalam bentuk penelitian lapangan (ekspedisi) diantaranya pemantauan penyerbukan pada tumbuhan (Roger et al., 2018), pemantauan spesies invasif (Gallo & Waitt, 2011), pemantauan biodiversitas (Theobald et al., 2015; Groom et al., 2017), monitoring lingkungan (Jalbert & Kinchy, 2016). Kegiatan CSP baik dilakukan secara online maupun ekspedisi terbukti memberikan *output* dan *outcome* yang nyata bagi peserta kegiatan seperti peningkatan pengetahuan tentang sains, motivasi, sikap dan perilaku terhadap lingkungan dan kepercayaan diri, serta kepedulian terhadap alam dan lingkungan (Jiang et al., 2019; Roetman & Daniels, 2011).

Di Indonesia kegiatan CS belum begitu dikenal publik (Aripin & Hidayat, 2020) sehingga masih sangat sedikit penelitian tentang implementasi program CSP. CSP memiliki banyak manfaat bagi pengembangan pengetahuan sains, sehingga dapat diimplementasikan sebagai sebuah pendekatan atau metode dalam pembelajaran sains di Indonesia.

Sistem pendidikan di Amerika Serikat dan Uni Eropa telah mengintegrasikan CS dalam struktur kurikulum dan menjadi bagian penting dari sistem pendidikan. Di Amerika CS dianggap dapat menjembatani pembelajaran dan pendidikan sains (National Academies of Sciences, Engineering, 2018). Di Eropa upaya mengintegrasikan CS dan praktik pembelajaran dilakukan melalui kolaborasi proyek, penelitian, dan praktik sains. Komisi sains Eropa melalui program “*Science with and for Society*” berupaya mempromosikan kreativitas

dan literasi sains melalui kegiatan CS (European Commission, 2017).

Kegiatan CSP dalam dunia pendidikan dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu pendidikan lingkungan formal dan pendidikan lingkungan informal (Roche et al., 2020). Implementasi CSP dalam pendidikan formal dapat diintegrasikan melalui pembelajaran lingkungan (Bonney et al., 2009), salah satu contoh implementasi CSP dalam pembelajaran di sekolah adalah program CSP untuk mengamati penyerbukan dan pollinator (Lewandowski & Oberhauser, 2017; Roger et al., 2018), pengamatan *spotting* pada sel (Silva et al., 2016), dan pengamatan polutan mikroplastik (Bayas et al., 2017). Adapun pada pendidikan lingkungan informal dilakukan melalui kegiatan di luar institusi formal seperti sekolah dan universitas seperti di museum, kebun binatang, dan kebun botani (Krombaß & Harms, 2011; Williams et al., 2012).

Pendekatan CSP telah diadaptasi pada pada berbagai jenjang pendidikan di Amerika (National Academies of Sciences, Engineering, 2018). CS memberikan peluang pembelajar untuk aktif dalam proses pembelajaran sekaligus meningkatkan capaian pembelajaran sains. CSP telah banyak digunakan sebagai sebuah metode dalam pembelajaran dan penelitian yang berbasis pada komunitas (Oberhauser & Lebuhn, 2012; Mitchell et al., 2017).

Berbagai penelitian menemukan bahwa CSP dapat digunakan untuk meningkatkan literasi sains, menumbuhkan minat, kepercayaan diri dalam mempelajari sains dan meningkatkan pengalaman dalam melakukan penelitian (Bonney, et al., 2009; Mitchell et al., 2017; Ballard & Belsky, 2010). Esmaeilian et al., (2018) mengungkapkan bahwa CS dapat diintegrasikan dalam pembelajaran teknik dan STEM (*Science, Technology, Engineering & Mathematics*).

Pada jenjang pendidikan dasar dan menengah capaian pembelajaran melalui kegiatan CS diantaranya dapat meningkatkan

minat dan pengetahuan dalam sains, serta meningkatkan keterlibatan peserta didik pada pembelajaran STEM (Bonney et al., 2009). Capaian pembelajaran melalui implementasi CS bagi peserta didik secara umum meliputi peningkatan literasi ilmiah, kesadaran lingkungan, keterampilan kepemimpinan, dan sikap peduli lingkungan serta aktif dalam kegiatan yang mendukung kelestarian lingkungan dan biodiversitas (Wals, 2014; Soanes et al., 2020). Keterlibatan peserta didik dalam program CS juga memberikan pengalaman kepada mereka untuk bersosialisasi dalam lingkungan akademik sehingga dapat meningkatkan kompetensinya (Ruiz-Mallén et al., 2016).

Kontribusi yang paling signifikan dari kegiatan CSP dalam dunia pendidikan adalah mengembangkan kompetensi pembelajaran sepanjang hayat (Pettibone, et al., 2016). CSP dalam dunia pendidikan menurut Roche et al., (2020) harus mampu mengkolaborasikan antara peran ilmuwan, pendidik (guru), fasilitator, publik, stakeholder pendidikan dan pembuat kebijakan untuk mensinergikan kegiatan CS dan dunia pendidikan sehingga bermanfaat dalam meningkatkan capaian pembelajaran khususnya pada bidang sains.

Penelitian-penelitian kontribusi CS terhadap pembelajaran sains telah banyak diungkapkan oleh para peneliti, akan tetapi masih jarang sekali peneliti yang menganalisis jenis proyek yang dikerjakan dan kontribusinya terhadap capaian pembelajaran sains. *Systematics literature review* ini bertujuan untuk mengetahui jenis CSP dan berkontribusinya terhadap capaian pembelajaran sains di sekolah dan Universitas. Kajian SLR ini memberikan gambaran dan kontribusi jurnal-jurnal yang relevan terhadap capaian pembelajaran sains sehingga dapat menjadi bahan referensi bagi pengajar yang tertarik mengimplementasikan CSP dalam pembelajaran. Selain itu, kajian SLR ini menjadi bahan pertimbangan bagi stakeholder terkait untuk merekomendasikan CSP sebagai

sebuah metode atau pendekatan yang efektif dalam pembelajaran sains di Indonesia.

## METODE

Penelitian *systematic literature review* merupakan bentuk ringkasan objektif, menyeluruh, dan analisis kritis dari penelitian yang telah dilakukan dan kajian literatur non penelitian yang relevan dengan topik yang sedang dikaji (Cronin et al., 2008). Penelitian ini menggunakan metode PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*) (Moher et al., 2009). Berikut adalah tahapan penelitian untuk menentukan penelitian relevan untuk dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan metode PRISMA.

### Identification (Identifikasi)

Tahapan identifikasi dilakukan dengan pencarian literatur (*literature search*). Untuk menemukan literatur yang cocok dengan tujuan penelitian yang dilakukan, maka digunakan teknik pencarian online melalui data base pada [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com), <https://www.tandfonline.com/>, <https://eric.ed.gov/>, <https://onlinelibrary.wiley.com/>, <https://theoryandpractice.citizenscienceassociation.org>, dan <https://journals.plos.org/>. *Data base* jurnal tersebut dipilih karena menghimpun jurnal-jurnal berkualitas dan terindeks secara global serta banyak publikasi mengenai CSP dalam pembelajaran. Google Scholar tidak digunakan sebagai rujukan dalam penelitian ini dengan pertimbangan data yang dihasilkan belum spesifik pada target pencarian (Peter et al., 2019). Hasil pencarian menggunakan Google Scholar menemukan 4,3 juta artikel, sehingga terlalu banyak dan tidak spesifik.

Kata kunci yang digunakan dalam pencarian, yaitu: “*citizen science*” and “*science education*”, “*citizen science*” and “*learning outcome*”, dan “*citizen science*” and “*school*” and “*university*”. Kata kunci tersebut dipilih didasarkan pada pertimbangan kata yang digunakan sudah spesifik terhadap target

pencarian jurnal sehingga diperoleh referensi yang sesuai untuk dianalisis lebih lanjut.

### Scanning (Memindai)

Tahapan ini dilakukan dengan membaca judul dan abstrak untuk mengetahui gambaran umum dari isi artikel. Untuk mempermudah dalam proses *scanning* artikel dibantu dengan aplikasi <https://typeset.io/> agar langsung diketahui isi artikel sesuai dengan subyek yang ingin diketahui.

### Elibility (Kelayakan)

Jurnal yang dianalisis harus memenuhi kriteria seperti tahun terbitan antara 2011-2022, terpublikasi secara online, berbahasa Inggris, terdapat program CSP yang jelas, terdapat metode implementasi program CSP, bukan merupakan artikel review, partisipan siswa atau mahasiswa, serta terdapat evaluasi atau pengukuran luaran proyek.

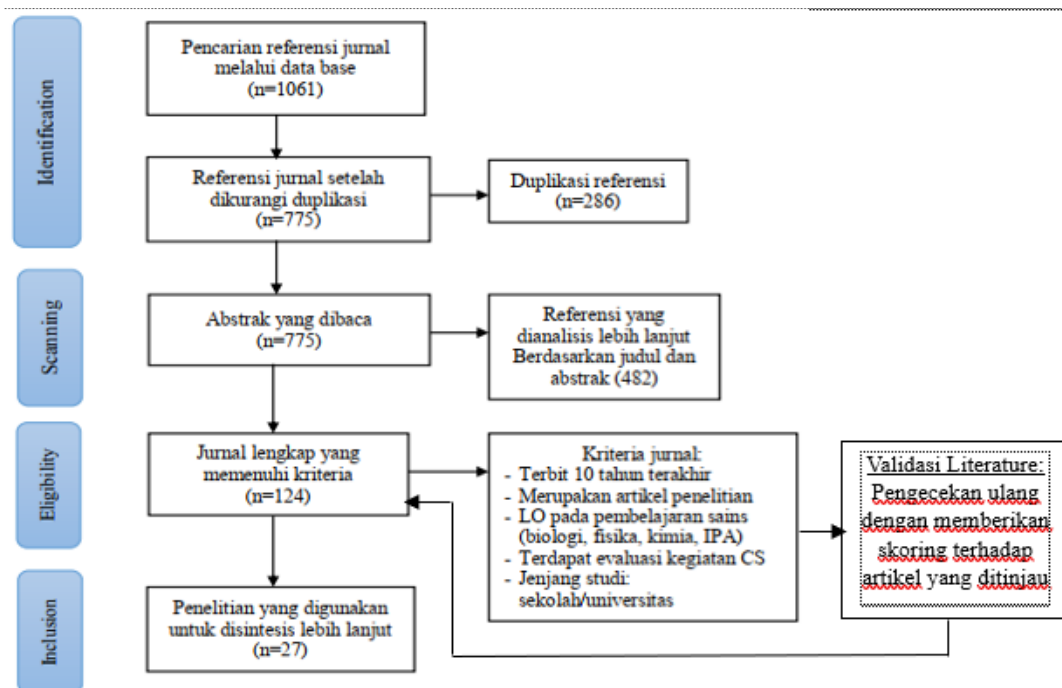
Kriteria-kriteria yang ditetapkan bertujuan agar jurnal-jurnal yang dianalisis memiliki rentang publikasi yang baru sehingga masih relevan, jurnal berbahasa Inggris dipilih karena publikasi dalam bahasa tersebut lebih banyak dari bahasa internasional lainnya. Artikel yang dipilih juga harus merupakan artikel penelitian bukan literatur review agar diketahui dampak langsung dari *treatment* yang diberikan serta memiliki evaluasi capaian pembelajaran dari kegiatan CSP. Untuk mempermudah analisis pengkajian jurnal difokuskan pada judul, abstrak, kata kunci, metode, program CSP, bentuk implementasi CSP, dan luaran *project*.

Jurnal-jurnal yang dianalisis dilakukan pengecekan kembali kesesuaiannya menggunakan daftar ceklist untuk menjamin validitas, reliabilitas, relevansi penelitian, dan luaran penelitian. Kualitas data dan luaran program dinilai dengan kriteria berikut: 0 (tidak mendeskripsikan proyek, dan kontribusi luaran proyek), 1 (mendeskripsikan proyek tetapi tidak mendeskripsikan kontribusi luaran proyek), 2 (tidak mendeskripsikan proyek tetapi menyajikan kontribusi luaran proyek), dan 3

(mendeskripsikan proyek dan luaran proyek). Hanya jurnal dengan skor 3 yang dianalisis lebih lanjut.

**Inclusion** (Inklusi)

Tahapan ini dilakukan dengan membaca jurnal secara lengkap dan menganalisis kontribusi dari jurnal tersebut terhadap capaian pembelajaran sains. Berikut *flowchart literature* analisis mengikut metode PRISMA.



Gambar 1. Proses Pengumpulan Data

Berdasarkan Gambar 1 dapat dijelaskan bahwa tahapan SLR ini dimulai dengan tahapan identifikasi (*identification*) dengan mencari referensi dari berbagai data based jurnal dan diperoleh 1061 judul jurnal sesuai dengan kata kunci yang digunakan. Setelah dikurangi duplikasi dan jurnal-jurnal yang tidak dapat diunduh secara penuh diperoleh 775 jurnal yang lengkap untuk dianalisis. Tahapan selanjutnya adalah melakukan *scanning* isi jurnal. Terdapat 775 jurnal yang dibaca abstraknya dengan bantuan aplikasi <https://typeset.io/> dan diperoleh 482 jurnal yang sesuai berdasarkan hasil *scanning*. Sebanyak 482 jurnal yang lolos tahapan *scanning* selanjutnya dibaca secara penuh dengan teknik membaca cepat dan diperoleh 124 jurnal *eligible*.

Tahapan *eligibility* dilakukan dengan mengidentifikasi jurnal sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan (lihat Gambar 1). Terdapat 124 jurnal yang memenuhi kriteria dan setelah divalidasi dengan cara skoring

terdapat 97 jurnal yang tidak secara spesifik mendeskripsikan CSP yang dikerjakan serta capaian pembelajaran yang diperoleh dari proyek tersebut, sehingga tidak dimasukkan untuk dianalisis lebih lanjut. Tahapan *inclusion* dilakukan dengan membaca isi keseluruhan dari 27 jurnal yang memenuhi kriteria. Hasil analisis jurnal ini kemudian disajikan pada tabel hasil analisis (Tabel 1 dan Tabel 2).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Jenis-jenis *Citizen Science Project* (CSP) yang Berkontribusi Terhadap Capaian Pembelajaran Sains**

Hasil penelitian menemukan 19 jenis CSP yang memiliki kontribusi terhadap capaian pembelajaran sains. Proyek CS tersebut digunakan oleh pengajar (guru atau dosen) sebagai metode/pendekatan dalam proses pembelajaran atau sebagai proyek yang dikerjakan dalam kurun waktu tertentu.

Hasil analisis terhadap 19 jenis proyek dapat dikategorikan menjadi empat tipologi

proyek. Menurut Wiggins & Crowston, (2011) tipologi CSP ditinjau dari tujuan dan tugas proyek dapat dikategorikan menjadi lima, yaitu: proyek investigasi/penyelidikan (*Investigation project*), proyek virtual (*Virtual projects*),

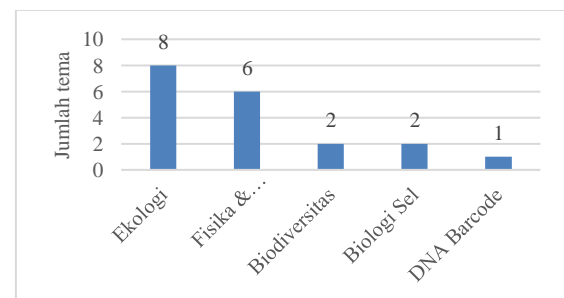
proyek konservasi (*Conservation projects*), proyek aksi (*Action projects*), dan proyek pendidikan (*Education projects*). Berikut hasil analisis jenis proyek yang berkontribusi terhadap capaian pembelajaran sains.

Tabel 1. Jenis-jenis *Citizen Science Project* dan Tipologinya

No.	Nama Proyek	Tipologi	Partisipan	Referensi
1.	Tracking Invasive Birds	Investigasi	Siswa	(Zion et al., 2011)
2.	Monarch Larva Monitoring Project	Investigasi	Mahasiswa	(Oberhauser & Lebuhn, 2012)
3.	Sea Cleaner	Konservasi	Siswa	(Merlino et al., 2015)
4.	A Project On Cell Biology Research	Investigasi	Siswa	(Silva et al., 2016)
5.	Micro Plant	Investigasi	Siswa dan mahasiswa	(Von Konrat et al., 2018)
6.	Urban Habits Pollinator	Investigasi	Siswa	(Roger et al., 2018)
7.	A Biodiversity Citizen Science Project	Aksi	Siswa	(Kelemen-Finan et al., 2018)
8.	AQUA Citizen Science Project	Aksi	Siswa	(Queiruga-Dios et al., 2020)
9.	A School-Based CSP	Pendidikan	Siswa	(Soanes et al., 2020)
10.	FutureForest	Pendidikan	Siswa	(Schneiderhan-Opel & Bogner, 2020b)
11.	An Urban Rat Project	Investigasi	Siswa	(Aivelo & Huovelin, 2020)
12.	School of Ants	Investigasi	Siswa	(Vitone et al., 2016)
13.	The Spring Swallow Survey project	Investigasi	Siswa	(Jiang et al., 2019)
14.	Horseshoe Crab Citizen Science	Investigasi	Siswa	(Hiller & Kitsantas, 2014)
15.	Watershed Project	Investigasi	Siswa	(Fujiwara et al., 2019)
16.	ClimateWatch	Investigasi	Siswa	(Mitchell et al., 2017)
17.	Game With a Purpose (GWAP)	Virtual	Siswa	(Loureiro et al., 2019)
18.	RPG Game	Virtual	Siswa	(Gaydos & Squire, 2012)
19.	nQuire	Virtual	Siswa dan Mahasiswa	(Herodotou et al., 2018)

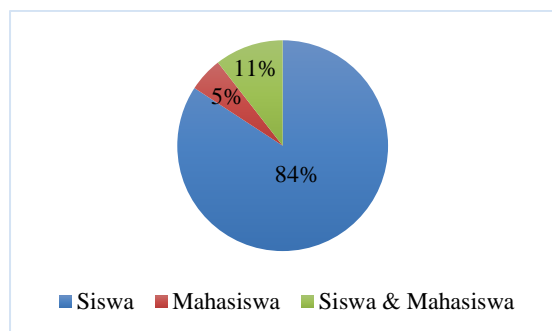
Tabel 1 memperlihatkan terdapat berbagai program CSP yang digunakan dalam pembelajaran yang memiliki kontribusi positif terhadap capaian pembelajaran sains. Tipologi *Investigation project* paling banyak digunakan tipe proyek dalam pembelajaran. Hal karena tipologi *investigation project* dilakukan untuk menyelidiki fenomena/peristiwa dalam jangka waktu tertentu sehingga dapat mendorong pebelajar untuk melakukan pengumpulan data lebih mendalam sehingga memungkinkan belajar sains menjadi lebih bermakna (Faizah et al., 2021). Hasil evaluasi terhadap berbagai CSP yang telah dilaksanakan terbukti bahwa berbagai CSP berkontribusi nyata terhadap capaian pembelajaran bagi partisipan (Phillips et al., 2018).

Hasil analisis menemukan 19 proyek yang dianalisis di kelompokkan menjadi empat tema besar, yaitu ekologi, fisika dan kimia lingkungan, biodiversitas, biologi sel, dan DNA Barcode. Pengelompokan ini didasarkan atas cakupan bidang kajian keilmuan pada proyek. Berikut CSP berdasarkan tema disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. CSP Berdasarkan Tema Proyek

Merujuk pada Gambar 2 diketahui bahwa tema proyek yang paling banyak digunakan adalah terkait kajian ekologi tema tersebut banyak digunakan karena memiliki relevansi dengan materi ajar sains untuk siswa sekolah dasar dan menengah (Abourashed et al., 2021). Tipologi konservasi paling sedikit digunakan hal ini karena memerlukan waktu proyek yang lama. Selanjutnya untuk melihat sebaran partisipan CSP disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sebaran Partisipan CSP

Gambar 3 memperlihatkan sebaran partisipan CSP pada jurnal yang dianalisis. Sebagian besar CSP dilaksanakan pada jenjang pendidikan dasar dan menengah sehingga peserta yang terlibat didominasi oleh siswa. Hasil SLR ini dapat menjadi barometer dalam implementasi CSP di Indonesia. Kegiatan CSP yang dilakukan diberbagai negara (Tabel 2) telah terbukti dapat berkontribusi positif

terhadap capaian pembelajaran sains pada siswa sehingga peluang untuk mengimplementasikan CSP pada sekolah-sekolah di Indonesia sangat terbuka lebar.

Penelitian yang telah dilakukan Damayanti et al. (2021) dalam mengimplementasikan CSP di Indonesia terbukti dapat meningkatkan capaian pembelajaran sains terutama keterampilan meneliti. Hasil penelitian tersebut dapat menjadi sebuah refleksi bagi guru sains di Indonesia untuk mencoba mengimplementasikan CSP dalam pembelajaran.

### Capaian Pembelajaran Sains melalui *Citizen Science Project (CSP)*

Capaian pembelajaran (CP) sains dalam penelitian ini mengacu pada enam indikator CP melalui kegiatan CS. Indikator tersebut terdiri atas: 1) tertarik/minat pada bidang sains dan lingkungan, 2) *self-efficacy*, 3) motivasi belajar sains, 4) pengetahuan tentang alam dan sains (*science process*), 5) keterampilan inkuiri sains, dan 6) perilaku terhadap lingkungan (Phillips et al., 2014). Berikut hasil SLR kontribusi CSP terhadap capaian pembelajaran sains pada subyek pelajar dan mahasiswa.

Tabel 2. Kontribusi CSP dan Capaian Pembelajaran Sains

No.	Capaian Pembelajaran Sains	Kontribusi	Referensi
1.	Tertarik/minat terhadap sains dan lingkungan (CP 1)	Kegiatan CSP meningkatkan minat pelajar (usia 11-18 tahun) terhadap sains dan lingkungan CSP menjadikan pelajar memiliki minat dan sikap yang positif terhadap lingkungan dan spesies CSP mengubah pandangan positif pelajar dan masyarakat terhadap sains CSP meningkatkan ketertarikan pelajar terhadap sains. Siswa yang memiliki ketertarikan tinggi terhadap sains melalui CSP memiliki retensi pengetahuan sains yang lebih tinggi daripada siswa yang memiliki ketertarikan dengan kategori sedang atau rendah. Program CSP di kampus berpengaruh signifikan terhadap minat dan <i>self-efficacy</i> pada mahasiswa	(Kelemen-Finan et al., 2018) (Aivelo & Huovelin, 2020) (Vitone et al., 2016) (Schneiderhan-Opel & Bogner, 2020b) (Smith et al., 2021)

No.	Capaian Pembelajaran Sains	Kontribusi	Referensi
2.	<i>Self-efficacy</i> (SE) (CP 2)	Partisipan CSP memiliki SE yang tinggi setelah terlibat dalam proyek MicroPlants. Partisipan mampu mengidentifikasi takson pada lumut hati dengan baik Kegiatan CSP berkontribusi positif terhadap SE. Untuk mengukur capaian SE dapat digunakan instrumen <i>Citizen Science Self-Efficacy Scale</i> (CSSES)	(Von Konrat et al., 2018) (Hiller & Kitsantas, 2016)
3.	Motivasi belajar sains (CP3)	Kegiatan CSP meningkatkan motivasi belajar sains dan STEM pada kategori tinggi CSP meningkatkan motivasi dan ketertarikan terhadap biologi	(Hiller & Kitsantas, 2014) (Silva et al., 2016)
4.	Pengetahuan konten dan proses sains (CP 4)	CSP dapat meningkatkan pengetahuan alam, proses sains, dan literasi sains CSP melibatkan meningkatkan pengalaman siswa dalam proses ilmiah (penyelidikan) sehingga menjadi sarana efektif bagi pengembangan proses ilmiah pada pelajar CSP berbasis permainan dapat menjadi sarana efektif dalam pengembangan pemahaman konten pada pelajar Sebanyak 72.2% partisipan CS mengalami peningkatan pengetahuan tentang ekologi dan lingkungan CSP memperlus pengetahuan pelajar tentang topik-topik sains yang tidak diajarkan secara spesifik tercantum dalam kurikulum Keterlibatan siswa dalam CSP meningkatkan pengetahuan tentang kualitas air secara global CSP dapat memberikan efek terhadap peningkatan pengetahuan, minat, dan metode ilmiah pada siswa CSP dapat dijadikan metode dalam pendidikan formal untuk memfasilitasi pengembangan pengetahuan dan keterampilan proses pada pelajar	(Queiruga-Dios et al., 2020) (Koomen et al., 2018) (Gaydos & Squire, 2012) (Jiang et al., 2019) (Merlino et al., 2015) (Fujiwara et al., 2019) (Prendergast et al., 2021) (Shah & Martinez, 2016)
5.	Keterampilan inkuiri sains (CP 5)	CSP meningkatkan keterampilan dalam pengumpulan data penelitian Partisipasi dalam kegiatan CSP meningkatkan keterampilan pengumpulan data penelitian menjadi lebih teliti dan akurat Siswa mengalami peningkatan yang signifikan untuk mempraktikkan inkuiri sains terutama pada aspek melakukan pengamatan, pengumpulan data, interpretasi, dan mengkomunikasikan data penelitian CSP meningkatkan keterampilan inkuiri dan literasi lingkungan pada siswa CSP berkontribusi terhadap peningkatan keterampilan meneliti dan literasi sains CSP membantu siswa untuk memahami morfologi tumbuhan dan keterampilan identifikasi tumbuhan khususnya rumput-rumputan CSP meningkatkan keterampilan observasi dan pelaksanaan penelitian	(Oberhauser & Lebuhn, 2012) (Mitchell et al., 2017) (Lewis & Carson, 2021) (Zion et al., 2011) (Roger et al., 2018) (Van Haeften et al., 2021) (Herodotou et al., 2018)
6.	Perilaku terhadap lingkungan (CP 6)	CSP membangun kepedulian lingkungan terhadap generasi muda	(Soanes et al., 2020)



No.	Capaian Pembelajaran Sains	Kontribusi	Referensi
		<i>Citizen Science Games</i> (CSGs) dapat dijadikan salah satu metode untuk meningkatkan perilaku positif terhadap lingkungan dan biodiversitas	(Loureiro et al., 2019)
		CSP meningkatkan literasi lingkungan dan literasi biodiversitas pada pendidikan formal	(Schneiderhan-Opel & Bogner, 2020a)

Merujuk pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa hasil SLR menunjukkan CSP berkontribusi positif dan signifikan untuk meningkatkan capaian pembelajaran sains. Keterlibatan pelajar dan mahasiswa dalam CSP memberikan pengalaman belajar dan penelitian secara otentik serta bermakna (Oberhauser & Leuhn, 2012; Jones et al., 2018). Pengalaman tersebut akan meningkatkan capaian pembelajaran dan kompetensi dalam bidang sains.

CSP memiliki kontribusi yang positif terhadap capaian pembelajaran pada partisipan, keterlibatan pembelajar dalam kegiatan CSP akan berdampak pada aspek pengetahuan dan keterampilan partisipan (Aripin et al., 2022). Banyak aspek pembelajaran yang dapat ditingkatkan melalui penerapan CSP.

CSP dalam pembelajaran dapat menjadi salah satu cara untuk memangkas kesenjangan pengetahuan dan capaian pembelajaran (Abourashed et al., 2021). Capaian pembelajaran sains tidak hanya difokuskan pada *output* dan *outcome* pembelajaran tetapi juga efek turunan (*nurturant effect*) seperti perubahan persepsi, sikap, perilaku, kepedulian dan tindakan nyata terhadap lingkungan dan biodiversitas (Aristeidou & Herodotou, 2020). Hasil SLR mengkonfirmasi bahwa kegiatan CSP memberikan kontribusi turunan selain peningkatan capaian pembelajaran sains sebagaimana tujuan utama CSP di jenjang sekolah dan Universitas.

CSP juga memiliki kontribusi terhadap aspek-aspek pembelajaran sains yang lain seperti meningkatkan aktivitas *hand-on* dan *mind-on*, keterampilan berpikir kritis dan *problem solving*, kemampuan kolaborasi dan komunikasi pada pelajar dan mahasiswa. Kontribusi tersebut dapat dikembangkan melalui kegiatan CSP dalam pembelajaran.

Studi yang telah dilakukan yang disajikan pada Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa CSP berkontribusi positif dan signifikan terhadap capaian pembelajaran sains sehingga diharapkan hasil SLR ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi guru maupun dosen dalam bidang ilmu sains di Indonesia untuk menerapkan CSP sebagai salah satu bentuk proyek ataupun metode dalam pembelajaran.

## PENUTUP

Berdasarkan hasil SLR diperoleh 19 Citizen Science Project (CSP) yang berkontribusi terhadap capaian pembelajaran sains. CSP berkontribusi positif dan signifikan dalam meningkatkan capaian pembelajaran sains yang diukur, yaitu ketertarikan/minat terhadap sains dan lingkungan, self-efficacy, motivasi belajar sains, pengetahuan tentang alam (science process) dan lingkungan, keterampilan inkuiri sains, kepedulian terhadap lingkungan dan biodiversitas. Hasil penelitian ini dapat menjadi pertimbangan bagi pengajar untuk memilih jenis Citizen Science Project (CSP) yang relevan untuk pembelajaran sains sehingga efektif dalam meningkatkan capaian pembelajaran sains. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan teknik meta-analysis sehingga dapat diketahui efektivitas dan besaran pengaruh langsung dari implementasi CSP terhadap capaian pembelajaran sains..

## DAFTAR PUSTAKA

Abourashed, A., Doornekamp, L., Escartin, S., Koenraadt, C. J. M., Schrama, M., Wagener, M., Bartumeus, F., & van Gorp, E. C. M. (2021). The potential role of school citizen science programs in infectious disease surveillance: a critical review. *International Journal of Environmental Research and*

- Public Health*, 18(13).  
<https://doi.org/10.3390/ijerph18137019>
- Aivelo, T., & Huovelin, S. (2020). Combining formal education and citizen science: a case study on students' perceptions of learning and interest in an urban rat project. *Environmental Education Research*, 26(3), 324–340.  
<https://doi.org/10.1080/13504622.2020.1727860>\*
- Aripin, I., & Hidayat, T. (2020). Public perception in Majalengka (Indonesia) toward citizen science concept. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(4).  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042095>
- Aripin, I., Hidayat, T., Rustaman, N., & Riandi. (2022). Monitoring Mango (*Mangifera indica*) Pollinator: Evaluate Learning Outcome for the Participating Citizen Science. *AIP Conference Proceedings*, 2468(December).  
<https://doi.org/10.1063/5.0103440>
- Aristeidou, M., & Herodotou, C. (2020). Online Citizen Science: A Systematic Review of Effects on Learning and Scientific Literacy. *Citizen Science: Theory and Practice*, 5(1), 1–12. <https://doi.org/10.5334/cstp.224>
- Ballard, H. L., & Belsky, J. M. (2010). Participatory action research and environmental learning: Implications for resilient forests and communities. *Environmental Education Research*, 16(5–6), 611–627.  
<https://doi.org/10.1080/13504622.2010.505440>
- Bayas, A., Buckley, M., Ford, C., & Lawes, J. (2017). *A Citizen Science Platform for Long-Term Monitoring of Microplastic Pollution in Port Phillip Bay*.
- Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J., & Wilderman, C. C. (2009). *Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing Its Potential for Informal Science Education : A CAISE Inquiry Group Report*; *Kontribusi citizen science project terhadap... Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE)*. Center for Advancement of Informal Science Education.
- Bonney, R., Cooper, C., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J. (2009). Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy. *BioScience*, 59(11), 977–984.  
<https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>
- Carr, A. J. L. (2004). Why do we all need community science? *Society and Natural Resources*, 17(9), 841–849.  
<https://doi.org/10.1080/08941920490493846>
- Cronin, P., Ryan, F., & Coughlan, M. (2008). Undertaking a literature review: a step-by-step approach. *British Journal of Nursing*, 17(1). [https://doi.org/10.1016/0965-5425\(94\)90007-8](https://doi.org/10.1016/0965-5425(94)90007-8)
- Curtis, V. (2015). *Online citizen science projects: an exploration of motivation, contribution and participation*. The Open University.
- Damayanti, D. F., Solihat, R., & Hidayat, T. (2021). Upaya meningkatkan research skill siswa melalui citizen science project pada pembelajaran biologi SMA. *Bioedukasi*, 12(2), 133–140.
- Esmaelian, B., Rust, M., Gopalakrishnan, P. K., Behdad, S., & Pontevedra, V. (2018). Use of Citizen Science to Improve Student Experience in Engineering Design. *Procedia Manufacturing*, 26, 1361–1368.  
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.124>
- European Commission. (2017). *Horizon 2020 Work Programme 2018–2020. Science with and for Society*.  
<https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/science-and-society#Article>
- Faizah, U., Rustaman, N. Y., & Supriatno, B. (2021). *The potential of citizen science as a follow up program of student project assignment for biodiversity studies to be*

- meaningful The potential of citizen science as a follow up program of student project assignment for biodiversity studies to be meaningful.* <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012172>
- Fujiwara, Y., Hite, R., Wygant, H., & Paulsen, S. (2019). Engaging Students in Global Citizen Science: A U.S.-Japan collaborative watershed project. *Childhood Education*, 95(2), 53–59. <https://doi.org/10.1080/00094056.2019.1593761>\*
- Gallo, T., & Waitt, D. (2011). Creating a Successful Citizen Science Model to Detect and Report Invasive Species. *BioScience*, 61(6), 459–465. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.6.8>
- Gaydos, M. J., & Squire, K. D. (2012). Role playing games for scientific citizenship. *Cultural Studies of Science Education*, 7(4), 821–844. <https://doi.org/10.1007/s11422-012-9414-2>\*
- Groom, Q., Weatherdon, L., & Geijzendorffer, I. R. (2017). Is citizen science an open science in the case of biodiversity observations? *Journal of Applied Ecology*, 54(2), 612–617. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12767>
- Herodotou, C., Aristeidou, M., Sharples, M., & Scanlon, E. (2018). Designing citizen science tools for learning: lessons learnt from the iterative development of nQuire. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 13(1), 1–23. <https://doi.org/10.1186/s41039-018-0072-1>\*
- Hiller, S. E., & Kitsantas, A. (2014). The Effect of a Horseshoe Crab Citizen Science Program on Middle School Student Science Performance and STEM Career Motivation. *School Science and Mathematics*, 114(6), 302–311. <https://doi.org/10.1111/ssm.12081>\*
- Hiller, S. E., & Kitsantas, A. (2016). The validation of the citizen science self-efficacy scale (CSSSES). *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(5), 543–558. <https://doi.org/10.12973/ijese.2016.405a>\*
- Jalbert, K., & Kinchy, A. J. (2016). Sense and Influence: Environmental Monitoring Tools and the Power of Citizen Science. *Journal of Environmental Policy and Planning*, 18(3), 379–397. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2015.1100985>
- Jiang, N., Zhang, L., & Jing, C. (2019). Effect Evaluation of the Integration of Citizen Science Activities into Environmental Education Project Design: A Case Study of the Spring Swallow Survey Project. *Cultures of Science*, 2(2), 161–178. <https://doi.org/10.1177/209660831900200207>\*
- Jones, M. G., Childers, G., Andre, T., Corin, E. N., & Hite, R. (2018). Citizen scientists and non-citizen scientist hobbyists: motivation, benefits, and influences. *International Journal of Science Education, Part B: Communication and Public Engagement*, 8(4), 287–306. <https://doi.org/10.1080/21548455.2018.1475780>
- Kelemen-Finan, J., Scheuch, M., & Winter, S. (2018). Contributions from citizen science to science education: an examination of a biodiversity citizen science project with schools in Central Europe. *International Journal of Science Education*, 40(17), 2078–2098. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1520405>\*
- Koomen, M. H., Rodriguez, E., Hoffman, A., Petersen, C., & Oberhauser, K. (2018). Authentic science with citizen science and student-driven science fair projects. *Science Education*, 102(3), 593–644. <https://doi.org/10.1002/sce.21335>\*
- Krombaß, A., & Harms, U. (2011). Acquiring knowledge about biodiversity in a museum — are worksheets effective? *Journal of Biological Education*, 42(4), 157–163.

- <https://doi.org/10.1080/00219266.2008.9656134>
- Lewandowski, E. J., & Oberhauser, K. S. (2017). Butterfly citizen scientists in the United States increase their engagement in conservation. *Biological Conservation*, *208*, 106–112. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.07.029>
- Lewis, R., & Carson, S. (2021). Measuring Science Skills Development in New Zealand High School Students After Participation in Citizen Science Using a DEVISE Evaluation Scale. *New Zealand Journal of Educational Studies*, *56*(1), 101–110. <https://doi.org/10.1007/s40841-021-00192-6>\*
- Liberatore, A., Bowkett, E., MacLeod, C. J., Spurr, E., & Longnecker, N. (2018). Social Media as a Platform for a Citizen Science Community of Practice. *Citizen Science: Theory and Practice*, *3*(1), 1–14. <https://doi.org/10.5334/cstp.108>
- Loureiro, P., Prandi, C., Nunes, N., & Nisi, V. (2019). Citizen Science and Game with a Purpose to Foster Biodiversity Awareness and Bioacoustic Data Validation. In *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST* (Vol. 265). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-06134-0\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-030-06134-0_29)\*
- Masters, K., Oh, E. Y., Cox, J., Simmons, B., Lintott, C., Graham, G., Greenhill, A., & Holmes, K. (2016). Science learning via participation in online citizen science. *Journal of Science Communication*, *15*(3). <https://doi.org/10.22323/2.15030207>
- Merlino, S., Locritani, M., Stroobant, M., Mioni, E., & Tosi, D. (2015). SeaCleaner: Focusing citizen science and environment education on unraveling the marine litter problem. *Marine Technology Society Journal*, *49*(4), 99–118. <https://doi.org/10.4031/MTSJ.49.4.3>\*
- Mitchell, N., Triska, M., Liberatore, A., Ashcroft, L., Weatherill, R., & Longnecker, N. (2017). Benefits and challenges of incorporating citizen science into university education. *PLoS ONE*, *12*(11), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186285>\*
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, *6*(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.100097>
- National Academies of Sciences, Engineering, and M. (2018). Learning Through Citizen Science: Enhancing Opportunities by Design. In *The National Academies Press*. The National Academies Press. <https://doi.org/doi:https://doi.org/10.17226/25183>
- Oberhauser, K., & Lebuhn, G. (2012). Insects and plants: Engaging undergraduates in authentic research through citizen science. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *10*(6), 318–320. <https://doi.org/10.1890/110274>\*
- Paul, J. D., & Buytaert, W. (2018). Citizen Science and Low-Cost Sensors for Integrated Water Resources Management. In *Advances in Chemical Pollution, Environmental Management and Protection* (Vol. 3). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/bs.apmp.2018.07.001>
- Peter, M., Diekötter, T., & Kremer, K. (2019). Participant Outcomes of Biodiversity Citizen Science Projects: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, *11*(10), 2780. <https://doi.org/10.3390/su11102780>
- Pettibone, L. et al. (2016). *Citizen science for all A guide for citizen science practitioners*. Leibniz Institute for Evolution and Biodiversity Science. [www.buergerschaftenwissen.de](http://www.buergerschaftenwissen.de)
- Phillips, T., Ferguson, M., Minarchek, M., Porticella, N., & Bonney, R. (2014).

- Evaluating Learning Outcomes From Citizen Science* (Issue November 2015).
- Phillips, T., Porticella, N., Conostas, M., & Bonney, R. (2018). A Framework for Articulating and Measuring Individual Learning Outcomes from Participation in Citizen Science. *Citizen Science: Theory and Practice*, 3(2), 3. <https://doi.org/10.5334/cstp.126>
- Prendergast, K., Vanderstock, A., Neilly, H., Ross, C., Pirotta, V., & Tegart, P. (2021). Potential and pitfalls of citizen science with children: Reflections on Pollinators in the Playground project. *Austral Ecology*, April. <https://doi.org/10.1111/aec.13031>\*
- Queiruga-Dios, M. Á., López-Iñesta, E., Diez-Ojeda, M., Sáiz-Manzanares, M. C., & Dorrió, J. B. V. (2020). Citizen science for scientific literacy and the attainment of sustainable development goals in formal education. *Sustainability (Switzerland)*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/su12104283>\*
- Roche, J., Bell, L., Galvão, C., Golumbic, Y. N., Kloetzer, L., Knobon, N., Laakso, M., Lorke, J., Mannion, G., Massetti, L., Mauchline, A., Pata, K., Ruck, A., Taraba, P., & Winter, S. (2020). Citizen Science, Education, and Learning: Challenges and Opportunities. *Frontiers in Sociology*, 5(December), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fsoc.2020.613814>
- Roetman, P. E. J., & Daniels, C. B. (2018). The benefits of citizen science in research, education and community engagement. *Creating Sustainable Communities in a Changing World*, March 2018, 249–260.
- Roger, E., Geary, W. L., Saunders, M. E., Meredith, F., Welbourne, D. J., Bako, A., Canavan, E., Herro, F., Herron, C., Hung, O., Kunstler, M., Lin, J., Ludlow, N., Paton, M., Salt, S., Simpson, T., Wang, A., Zimmerman, N., Drews, K. B., ... Moles, A. T. (2018). *Citizen science in schools: Engaging students in research on urban habitat for pollinators*. 1–8. <https://doi.org/10.1111/aec.12608>\*
- Ruiz-Mallén, I., Riboli-Sasco, L., Ribault, C., Heras, M., Laguna, D., & Perié, L. (2016). Citizen Science: Toward Transformative Learning. *Science Communication*, 38(4), 523–534. <https://doi.org/10.1177/1075547016642241>
- Schneiderhan-Opel, J., & Bogner, F. X. (2020a). FutureForest: Promoting Biodiversity Literacy by Implementing Citizen Science in the Classroom. *American Biology Teacher*, 82(4), 234–240. <https://doi.org/10.1525/abt.2020.82.4.234>\*
- Schneiderhan-Opel, J., & Bogner, F. X. (2020b). How fascination for biology is associated with students' learning in a biodiversity citizen science project. *Studies in Educational Evaluation*, 66(October 2019), 100892. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100892>\*
- Shah, H. R., & Martinez, L. R. (2016). Current Approaches in Implementing Citizen Science in the Classroom. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(1), 17–22. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v17i1.1032>\*
- Silva, C. G., Monteiro, A., Manahl, C., Lostal, E., Holocher-Ertl, T., Andrade, N., Brasileiro, F., Mota, P. G., Sanz, F. S., Carrodegua, J. A., & Brito, R. M. M. (2016). Cell spotting: Educational and motivational outcomes of cell biology citizen science project in the classroom. *Journal of Science Communication*, 15(1), 1–20. <https://doi.org/10.22323/2.15010202>\*
- Smith, H., Allf, B., Larson, L., Futch, S., Lundgren, L., Pacifici, L., & Cooper, C. (2021). Leveraging Citizen Science in a College Classroom to Build Interest and Efficacy for Science and the Environment. *Citizen Science: Theory and Practice*, 6(1), 29. <https://doi.org/10.5334/cstp.434>\*
- Soanes, K., Cranney, K., Dade, M. C., Edwards, A. M., Palavalli-Nettimi, R., & Doherty, T. S.

- (2020). How to work with children and animals: A guide for school-based citizen science in wildlife research. *Austral Ecology*, 45(1), 3–14. <https://doi.org/10.1111/aec.12836>\*
- Theobald, E. J., Ettinger, A. K., Burgess, H. K., DeBey, L. B., Schmidt, N. R., Froehlich, H. E., Wagner, C., HilleRisLambers, J., Tewksbury, J., Harsch, M. A., & Parrish, J. K. (2015). Global change and local solutions: Tapping the unrealized potential of citizen science for biodiversity research. *Biological Conservation*, 181, 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.10.021>
- Van Haeften, S., Milic, A., Addison-Smith, B., Butcher, C., & Davies, J. M. (2021). Grass Gazers: Using citizen science as a tool to facilitate practical and online science learning for secondary school students during the COVID-19 lockdown. *Ecology and Evolution*, 11(8), 3488–3500. <https://doi.org/10.1002/ece3.6948>\*
- Vitone, T., Stofer, K. A., Steininger, M. S., Hulcr, J., Dunn, R., & Lucky, A. (2016). School of ants goes to college: Integrating citizen science into the general education classroom increases engagement with science. *Journal of Science Communication*, 15(1), 1–24.\*
- Von Konrat, M., Campbell, T., Carter, B., Greif, M., Bryson, M., Larraín, J., Trouille, L., Cohen, S., Gaus, E., Qazi, A., Ribbens, E., Livshultz, T., Walker, T. J., Suwa, T., Peterson, T., Rodriguez, Y., Vaughn, C., Yang, C., Aburahmeh, S., Smith, A. (2018). Using citizen science to bridge taxonomic discovery with education and outreach. *Applications in Plant Sciences*, 6(2), 1–12. <https://doi.org/10.1002/aps3.1023>\*
- Wals, A. E. J., Brody, M., Dillon, J., & Stevenson, R. B. (2014). Convergence between science and environmental education. *Science*, 344(6184), 583–584. <https://doi.org/doi:10.1126/science.1250515>
- Kontribusi citizen science project terhadap... Wiggins, A., & Crowston, K. (2011). From conservation to crowdsourcing: A typology of citizen science. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 1–10. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2011.207>
- Williams, R. L., Porter, S. K., Hart, A. G., & Goodenough, A. E. (2012). The Accuracy of Behavioural Data Collected by Visitors in a Zoo Environment: Can Visitors Collect Meaningful Data? *International Journal of Zoology*, 2012, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2012/724835>
- Zion, M., Spektor-Levy, O., Orchan, Y., Shwartz, A., Sadeh, I., & Kark, S. (2011). Tracking invasive birds: A programme for implementing dynamic open inquiry learning and conservation education. *Journal of Biological Education*, 45(1), 3–12. <https://doi.org/10.1080/00219266.2011.537833>\*