

Peran Citizen Science Dalam Dunia Pendidikan dan Upaya Konservasi Biodiversitas Di Indonesia: Literature Review

Ipin Aripin ¹, Topik Hidayat ², Diana Yulianti ³

¹ Prodi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, FIPP, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

² Departemen Biologi, FMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

³ MA Ar-Rahmat, Weragati, Majalengka, Indonesia

Korespondensi : ✉ ipin_aripin@mail.unnes.ac.id

ARTICLE INFO

Article History

Received : 2024-07-25

Revised : 2024-08-05

Accepted : 2024-08-25

KEYWORDS

Citizen science

Pendidikan

Konservasi biodiversitas
Indonesia

ABSTRAK

Tujuan dari artikel ini adalah untuk mendeskripsikan peranan dari *Citizen Science* (CS) dalam dunia pendidikan dan upaya konservasi biodiversitas di Indonesia. CS merupakan sebuah pendekatan baru dalam upaya melibatkan partisipasi masyarakat (*Citizen*) dalam membantu para ilmuwan untuk pengumpulan, analisis, dan publikasi data penelitian ilmiah. Pendekatan CS telah digunakan dalam berbagai bidang seperti ekologi, biologi konservasi, lingkungan dan berbagai bidang disiplin ilmu yang lain. Sebagai negara biodiversitas Indonesia memiliki berbagai jenis keanakeragaman hayati yang sangat tinggi hal ini perlu dibarengi dengan adanya partisipasi *Citizen* untuk membangun *big data* biodiversitasnya. Saat ini pendekatan CS telah digunakan dan diadaptasi dalam dunia pendidikan melalui konsep *Student Citizen Science* (SCS) dan telah terbukti bahwa pendekatan ini mampu meningkatkan literasi sains, keterampilan inkuiri, kepedulian lingkungan dan konservasi, serta mengembangkan keterampilan riset. Di Indonesia praktik CS untuk konservasi biodiversitas sudah mulai berkembang dengan banyaknya komunitas-komunitas CS serta dikembangkan berbagai aplikasi *Citizen Science Online* (CSO) seperti Biodiversity Warrior, Burungnesia, Burung, Ampibi Reptil Kita, AWS dan lain-lain. Peranan CS dalam upaya konservasi biodiversitas di Indonesia di wujudkan melalui pengumpulan data biodiversitas serta pendidikan konservasi biodiversitas pada generasi muda untuk membentuk insan yang memiliki kepedulian dan keterampilan terkait pemanfaatan dan konservasi biodiversitas.

ABSTRACT

The aims of this article is to describe the role of Citizen Science (CS) in education and biodiversity conservation efforts in Indonesia. CS is an emerging approach that involves public participation (Citizens) in assisting scientists with the collection, analysis, and publication of scientific research data. The CS approach has been applied across various fields, including ecology, conservation biology, environmental science, and other disciplines. As a megadiverse country, Indonesia possesses exceptionally high levels of biodiversity, which necessitates citizen participation to build its biodiversity big data. Currently, the CS approach has been adapted for educational purposes through the concept of Student Citizen Science (SCS), and this approach has been proven to enhance scientific literacy, inquiry skills, environmental and conservation awareness, and research skills. In Indonesia, the practice of CS for biodiversity conservation is developing, with a growing number of CS communities and the development of various Citizen Science Online (CSO) applications such as Biodiversity Warrior, Burungnesia, Burung, Amphibi Reptil Kita, and AWS. The role of CS in Indonesia's biodiversity conservation efforts is realized through the collection

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara megabiodiversitas kedua terbesar di dunia setelah Brazil. Megabiodiversitas mengacu pada negara yang memiliki keanekaragaman endemik terbesar di dunia. Negara mega biodiversitas dihuni oleh sedikitnya 2/3 dari semua spesies vertebrata non-ikan dan 3/4 dari semua spesies tumbuhan tinggi, terdapat 17 negara yang disebutkan sebagai negara-negara mega biodiversitas antara lain adalah Afrika Selatan, Amerika Serikat, Australia, Brasil, Cina, Ekuador, Filipina, India, Indonesia, Kolombia, Kongo, Madagaskar, Malaysia, Meksiko, Papua Nugini, Peru, dan Venezuela. Hutan tropis Indonesia beserta Brazil dan Kongo adalah wilayah dengan keanekaragaman spesies darat tertinggi di dunia (Sutarno 2014).

Menurut Supriatna (2018) Indonesia memiliki berbagai keanekaragaman hayati antara lain:

1. urutan kedua setelah Brazil untuk keanekaragaman mamalia, dengan 515 jenis, dengan 39% adalah endemik.
2. urutan keempat untuk keanekaragaman reptile (511 jenis, 150 endemik)
3. urutan kelima untuk keanekaragaman burung (1531 jenis, 397 endemik), untuk keanekaragaman burung parum bengkok Indonesia menempati urutan pertama (75 jenis, 38 endemik)
4. urutan keenam untuk keanekaragaman amfibi (270 jenis, 100 endemik)
5. urutan keempat di dunia untuk keanekaragaman jenis tumbuhan (38000 jenis)
6. urutan pertama untuk tumbuhan palem (477 jenis, 225 endemik)
7. urutan ketiga untuk keanekaragaman ikan tawar (1400 jenis) setelah Brazil dan Colombia.

Hingga saat ini, menurut laporan LIPI (2014) keanekaragaman jenis telah tercatat ada 1.500 jenis alga, 80.000 jenis tumbuhan berspora (seperti Kriptogam) berupa jamur, 595 jenis lumut kerak, 2.197 jenis paku-pakuan serta 30.000–40.000 jenis flora tumbuhan berbiji (15,5% dari total jumlah flora di dunia). Sementara itu, terdapat 8.157 jenis fauna vertebrata (mamalia, burung, herpetofauna, dan ikan) dan 1.900 jenis kupu-kupu (10% dari jenis dunia). Data biodiversitas Indonesia terbaru seperti yang dirangkum oleh LIPI (2014) menunjukkan betapa tingginya biodiversitas yang dimiliki Indonesia jika dibandingkan dengan biodiversitas yang dimiliki negara lain. Tingginya tingkat biodiversitas Indonesia sesungguhnya dapat menjadi modal utama untuk bertransformasi dari negara yang mengandalkan sumber daya (*resource-based society*) menjadi negara yang mengandalkan ilmu pengetahuan, sains, dan teknologi (*knowledge-based society*). Seiring dengan itu, sumber daya manusia yang mumpuni pun dapat dibangun (APII 2019). Biodiversitas merupakan modal yang penting dalam pembangunan Indonesia. Dalam IBSAP (2016) Indonesia memiliki visi dalam pengelolaan biodiversitas, yaitu “Terpeliharanya biodiversitas milik Indonesia, serta terwujudnya pengembangan biodiversitas dalam menyumbang daya saing bangsa dan pemanfaatannya secara adil dan berkelanjutan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat saat ini dan generasi mendatang”.

Salah satu permasalahan yang dihadapi Indonesia terkait dengan biodiversitas adalah belum adanya *data base* keanekaragaman hayati yang lengkap (LIPI 2010). Hal ini menyebabkan banyaknya kegiatan biopirasi (LIPI, 2014) dan sulitnya menginventarisasi data *loss biodiversity* yang telah dan sedang berlangsung. Perlu upaya yang melibatkan semua stakeholder baik pemerintah, swasta, dan masyarakat secara luas untuk terlibat secara aktif dalam upaya pengumpulan dan konservasi biodiversitas yang ada di Indonesia.

Solusi yang dapat dilakukan untuk mempercepat pengumpulan dan inventarisasi biodiversitas Indonesia adalah melalui program *Citizen Science* (CS). Istilah lain dari CS adalah ‘crowd science’ and ‘civic science’ (Soanes et al. 2020). CS diartikan partisipasi publik dalam penelitian ilmiah, yaitu gerakan yang melibatkan publik dalam penemuan, pemantauan, dan eksperimen ilmiah di berbagai disiplin ilmu (Theobald et al. 2015). Pengertian lain dijelaskan oleh Bonney et al., (2014) yang mendefinisikan CS sebagai partisipasi publik non-expert (bukan ilmuwan) dalam penelitian sains yang bertujuan untuk memperoleh data penelitian ilmiah. Dalam pelaksanaannya kolaborator sukarela ini melakukan observasi, melakukan pengukuran, mengumpulkan data, mengajukan ide, dan bertukar pikiran dengan para ilmuwan (Soanes et al. 2020). Berdasarkan beberapa pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa CS merupakan program penelitian ilmiah yang melibatkan partisipasi masyarakat (*Citizen*)

untuk membantu kerja para ilmuwan dalam mengumpulkan, menganalisis dan mempublikasikan data penelitian ilmiah.

Saat ini CS telah berkembang dengan pesat diberbagai negara termasuk Indonesia dan telah menghasilkan banyak publikasi dan melibatkan jutaan partisipan (Theobald et al. 2015). Cepatnya perkembangan CS dipengaruhi setidaknya tiga faktor, yaitu : (1) kemudahan fasilitas untuk pengumpulan dan penyebaran informasi (seperti *smartphone* dan web CS); (2) pengakuan dari professional (ilmuwan) bahwa publik dapat menjadi sumber data, keterampilan, dan komputasi data; (3) CS diakui sebagai alat dalam komunitas sains (Roger et al., 2018).

Istilah CS di Indonesia belum terlalu banyak di kenal masyarakat, hanya 32.9% responden yang telah mengetahui tentang CS (Aripin and Hidayat 2020). Meskipun demikian praktik CS telah berkembang baik dengan banyaknya komunitas-komunitas, pengembangan program dan kegiatan CS baik melalui kegiatan *outdoor* maupun online seperti kegiatan pemantauan burung, reptile, ampibi dan upaya konservasinya (Afrianto dan Najah, 2017; Yuda, 2017).

CS memiliki banyak peranan dalam berbagai bidang kehidupan diantaranya dalam bidang pendidikan dan konservasi. Dalam bidang pendidikan CS dianggap dapat melengkapi kerangka pendidikan seperti pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan. Banyak proyek dan inisiatif CS mendidik peserta untuk mempromosikan pemahaman tentang penyelidikan ilmiah, subjek penelitian, metode ilmiah, atau tindakan yang bertanggung jawab terhadap lingkungan (Pettibone, et al., 2016). Peranan CS terhadap biodiversitas, yaitu kegiatan CS dapat digunakan untuk monitoring lingkungan dan penelitian (Pocock, et al., 2014) serta konservasi lingkungan (Lewandowski and Oberhauser 2017). Proyek kegiatan CS telah berhasil dipraktikan untuk kegiatan konservasi alam dan memberikan kontribusi terhadap rancangan kebijakan konservasi secara regional dan global khususnya pada perencanaan konservasi spesies yang terancam punah (Pettibone, et al., 2016).

METODE

Studi ini mengadopsi pendekatan kualitatif dengan menggunakan metode studi literatur. Studi literatur merupakan jenis penelitian yang mensurvei artikel-artikel ilmiah, buku-buku, dan berbagai sumber relevan lainnya yang berhubungan dengan suatu masalah, bidang penelitian, atau teori tertentu (Ramdhani, and Amin 2014). Tujuannya adalah untuk memberikan deskripsi, ringkasan, dan evaluasi kritis terhadap karya-karya tersebut. Selain itu, studi literatur juga didefinisikan sebagai survei terhadap karya-karya yang telah diterbitkan dan relevan dengan masalah, topik, atau teori tertentu (Gaw 2014). Tinjauan pustaka ini berupaya mensintesis dan mengevaluasi data serta informasi untuk menjawab pertanyaan penelitian, tesis, dan tema utama riset (Cantero 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. *Citizen Science* dalam Pendidikan

Citizen Science (CS) telah bertransformasi dan menjadi bagian penting dari sistem pendidikan khususnya di Amerika dan Eropa. Di Amerika CS dianggap dapat menjembatani pembelajaran dan pendidikan sains (National Academies of Sciences, Engineering 2018). Di Eropa upaya mengintegrasikan antara CS dan praktik pembelajaran dilakukan melalui kolaborasi proyek, penelitian dan praktik sains dimana komisi sains Eropa melalui program “Science with and for Society” berupaya mempromosikan kreativitas dan literasi sains melalui CS (European Commission 2017).

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

Pendekatan CS selain telah diadaptasi pada jenjang pendidikan tinggi juga mulai digunakan pada jenjang pendidikan menengah (SMA) di Amerika (National Academies of Sciences, Engineering 2018). CS memberikan peluang pembelajar untuk aktif dalam pembelajaran sekaligus meningkatkan

pembelajaran berbasis inkuiri sehingga program CS telah banyak digunakan dalam pembelajaran dan penelitian (Oberhauser & Lebuhn, 2012; Mitchell et al., 2017). CS dapat meningkatkan pengalaman dalam melakukan penelitian (Bonney, et al., 2009), menumbuhkan pengetahuan dan penelitian lingkungan (Ballard and Belsky 2010). Esmailian et al., (2018) mengungkapkan bahwa CS dapat diintegrasikan dalam pembelajaran teknik. Dalam penelitiannya Mitchell et al., (2017) mengungkapkan bahwa CS memiliki manfaat dalam meningkatkan pengetahuan, kepedulian, kepercayaan diri dan keterampilan riset mahasiswa. Program CS pada tingkatan universitas dapat dicapai dengan melibatkan mahasiswa dalam pengumpulan dan analisis data.

Pada jenjang pendidikan dasar dan menengah CS dapat meningkatkan minat dan pengetahuan dalam sains, dan untuk meningkatkan keterlibatan siswa pada pelajaran STEM (sains, teknologi, teknik, dan matematika) (Bonney, Cooper, et al. 2009). CS bagi siswa meliputi peningkatan literasi ilmiah, kesadaran lingkungan, keterampilan kepemimpinan, dan potensi untuk menginspirasi generasi baru warga negara yang sadar lingkungan dan aktif (Wals, 2014; Soanes et al., 2020). Keterlibatan siswa dalam program CS juga memberikan pengalaman mereka untuk bersosialisasi dalam lingkungan akademik (Ruiz-Mallén et al. 2016) sehingga dapat meningkatkan kompetensi mereka.

Terdapat kompetensi inti CS, yaitu keterampilan dan pemahaman sains-teknologi; kompetensi digital; inisiatif dan kewirausahaan (Bonney et al., 2009; Kobori et al., 2016; Soanes et al., 2020). Kontribusi yang paling signifikan dari kegiatan CS dalam dunia pendidikan adalah mengembangkan kompetensi pembelajaran sepanjang hayat (Pettibone, et al., 2016) sebagaimana visi yang dijalankan oleh UNESCO dalam bidang pendidikan. Dalam implementasinya CS dalam dunia pendidikan menurut Roche et al., (2020) harus mampu mengkolaborasikan antara ilmuwan, pendidik (guru), fasilitator, public, stakeholder pendidikan dan pembuat kebijakan untuk mensinergikan CS dan dunia pendidikan.

b. *Citizen Science* dalam Upaya Konservasi Biodiversitas di Indonesia

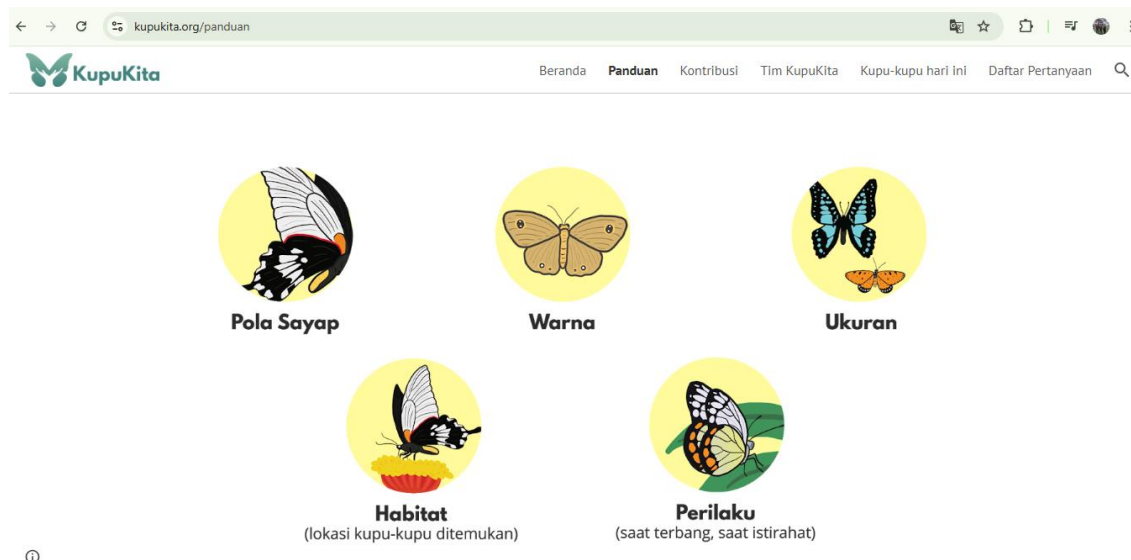
Menurut Cooper et al., (2007) CS merupakan pendekatan baru yang memiliki peranan dalam bidang biologi konservasi, riset keanekaragaman hayati dan sumber daya alam. Theobald et al., (2015) telah menganalisis sekitar 388 jurnal terkait *Citizen Science Project* (CSP) dan menyimpulkan bahwa CS memiliki peranan yang sangat signifikan dalam upaya pengumpulan data untuk biodiversitas. Di Indonesia praktik CS telah berkembang dengan bermunculannya berbagai komunitas dan berbagai program CS yang dilakukan secara langsung (*outdoor*) dan online melalui berbagai platform yang dikembangkan di Indonesia maupun luar negeri. Dalam penelitiannya Afrianto dan Najah (2017) menyebutkan bahwa CS dapat berperan dalam upaya meningkatkan kesadaran konservasi, memudahkan akses bagi informasi mengenai biodiversitas, dan terbentuknya basis data biodiversitas. Kegiatan CS di Indonesia sebagian diantaranya telah melembaga dan telah dikembangkan dalam berbagai platform digital berbasis aplikasi ataupun menggunakan web. Berikut beberapa contoh program CS online yang ada di Indonesia.

Tabel 1. Daftar Program CS di Indonesia

Program	Profil	Sumber
Biodiversity Warrior	Dibentuk oleh Yayasan KEHATI pada tahun 2014, Biodiversity Warriors (BW) adalah gerakan anak muda yang bertujuan memopulerkan keanekaragaman hayati Indonesia, baik dari sisi keunikan, potensi, manfaat, dan pelestariannya. Anggota CS dapat melakukan kegiatan, baik secara offline melalui praktik lapangan, dan online di situs dan media sosial melalui pemuatan artikel dan foto.	https://biodiversitywarriors.kehati.or.id/

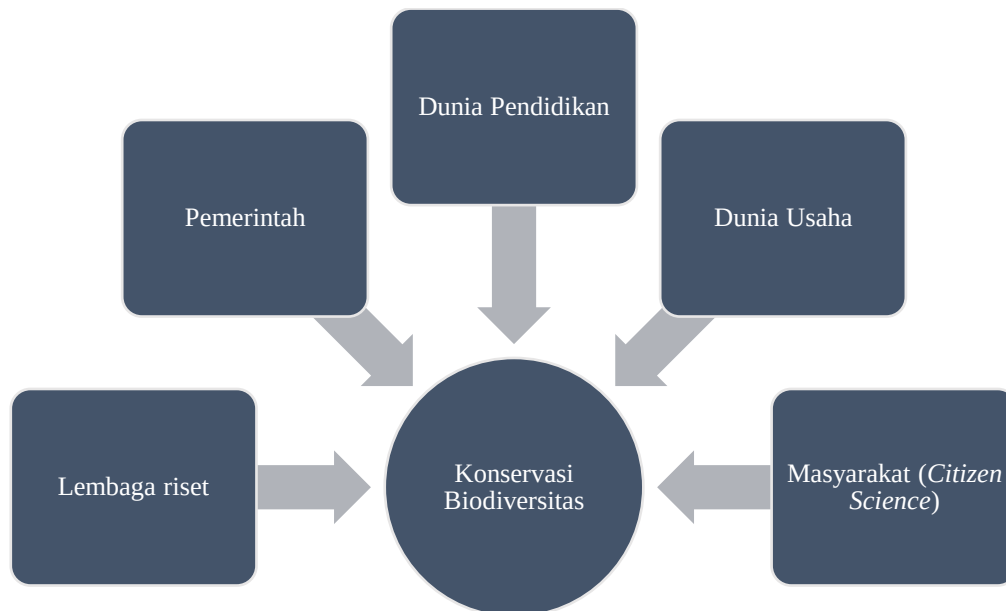
Program	Profil	Sumber
Burungnesia	Aplikasi burungnesia memungkinkan <i>Citizen Science</i> (CS) untuk melakukan pengumpulan biodiversitas burung yang ada di Indonesia. CS dapat merekam berbagai jenis burung dan menjadikan <i>data based</i> pada aplikasi	https://www.birdpacker.com/burungnesia
Burung	CS pada organisasi/himpunan ini berperan sebagai contributor untuk memberikan informasi terkait dengan distribusi dan penyebaran burung endemic Indonesia. Organisasi ini berupaya melakukan konservasi burung juga menghasilkan berbagai jenis publikasi seperti artikel dan foto.	https://www.burung.org/
Amfibi reptil kita	Aplikasi ini dikembangkan dari iNaturalist yang bertujuan untuk mengumpulkan berbagai biodiversitas reptile yang ada di Indonesia, saat ini sudah terdapat hampir 10961 dari 522 anggota CS aplikasi ini	https://www.inaturalist.org/projects/amfibi-reptil-kita-ark
Kupu-kupu Kita	Kupu-kupu Kita adalah platform Citizen Science yang diperuntukan untuk mengumpulkan keanekaragaman kupu-kupu di Indonesia.	https://www.kupukita.org/

Selain list yang tercantum pada Tabel 1 di atas masih banyak lagi gerakan CS yang saat ini berkembang pesat di Indonesia baik yang disponsori kampus, lembaga, pemerintah, swasta bahkan secara sukarela.



Gambar 2. Halaman Website KupuKita

Dalam penelitiannya Yuda (2017) menyimpulkan bahwa program CS dalam upaya penelitian dan konservasi burung yang dijalankannya terbukti mampu meningkatkan pengetahuan, ketrampilan, minat, motivasi, dan kepercayaan diri peserta kegiatan. Upaya konservasi biodiversitas harus melibatkan berbagai unsur lapisan masyarakat dan lembaga terkait. Bagan berikut menggambarkan proses konservasi biodiversitas yang melibatkan berbagai stakeholder terkait.



Gambar 1. Peranan Berbagai *Stakeholder* Dalam Upaya Konservasi Biodiversitas

Berdasarkan Gambar 1 di atas banyak stakeholder yang terlibat dalam upaya konservasi biodiversitas dari mulai lembaga riset seperti LIPI atau Perguruan Tinggi yang berperan menyampaikan hasil temuan untuk ditindak lanjuti oleh Pemerintah dengan mengeluarkan kebijakan atau undang-undang, dunia pendidikan seperti yang disarankan dalam CBD berperan penting dalam upaya konservasi melalui kegiatan penyadaran dan penyebaran informasi, dunia usaha juga berperan penting berkontribusi dalam upaya konservasi biodiversitas melalui skema CSR, serta masyarakat (*Citizen Science*).

KESIMPULAN

CS merupakan pendekatan baru dalam berbagai bidang disiplin ilmu terutama dalam bidang ilmu sains, pendekatan CS telah banyak diadaptasi dalam dunia pendidikan dan terbukti pendekatan ini dapat meningkatkan literasi sains, keterampilan inkuiri, meningkatkan kesadaran terhadap lingkungan dan konservasi serta keterampilan meneliti. CS juga memiliki peranan yang sangat penting dalam upaya konservasi keanekaragaman hayati di Indonesia, masih terbatasnya ilmuwan yang di miliki Indonesia dan belum adanya big data biodiversitas Indonesia menjadi salah satu peluang berkembangnya program CS dalam upaya pengumpulan data, riset dan konservasi biodiversitas yang melibatkan peran serta masyarakat (*Citizen*).

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, W. F dan Najah, S. K. 2017. "Peran Citizen Science Dalam Upaya Konservasi Biodiversitas." In , 162–64.
- AIPI. 2019. *Sains Untuk Biodiversitas Indonesia*. Jakarta: Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Aripin, I., and T. Hidayat. 2020. "Public Perception in Majalengka (Indonesia) toward Citizen Science Concept." *Journal of Physics: Conference Series* 1521(4). doi:10.1088/1742-6596/1521/4/042095.
- Ballard, Heidi L., and Jill M. Belsky. 2010. "Participatory Action Research and Environmental Learning: Implications for Resilient Forests and Communities." *Environmental Education Research* 16(5–6): 611–27. doi:10.1080/13504622.2010.505440.
- Bonney, Rick, Heidi Ballard, Rebecca Jordan, Ellen McCallie, Tina Phillips, Jennifer Shirk, and Cadie C Wilderman. 2009. *Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing Its Potential for Informal Science Education : A CAISE Inquiry Group Report*; Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE). Washington, DC: Center for Advancement of Informal Science Education.
- Bonney, Rick, Caren Cooper, Janis Dickinson, Steve Kelling, Tina Phillips, Kenneth V. Rosenberg,

- and Jennifer Shirk. 2009. "Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy." *BioScience* 59(11): 977–84. doi:10.1525/bio.2009.59.11.9.
- Bonney, Rick, Jennifer L Shirk, Tina B Phillips, Andrea Wiggins, Heidi L Ballard, Abraham J Miller-Rushing, and Julia K Parrish. 2014. "Next Steps for Citizen Science: Strategic Investments and Coordination Are Needed for Citizen Science to Reach Its Full Potential." *Citizen Science* 343(6178): 1436–37. doi:10.1126/science.1251554.
- Cantero, Cristina. 2019. "How to Write a Literature Review." *San José State University Writing Cente*. doi:10.1080/17459430902839066.
- Cooper, Caren B., Janis Dickinson, Tinas Phillips, and Rick Bonney. 2007. "Citizen Science as a Tool for Conservation in Residential Ecosystems." *Ecology and Society* 12(2). doi:10.5751/ES-02197-120211.
- Esmaeilian, Behzad, Michael Rust, Praveen Kumare Gopalakrishnan, Sara Behdad, and Vigo Pontevedra. 2018. "Use of Citizen Science to Improve Student Experience in Engineering Design." *Procedia Manufacturing* 26: 1361–68. doi: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> (March 8, 2021).
- Gaw, Allan. 2014. *Writing an Effective Literature Review A Study Guide*. Scotland: The University of Edinburgh.
- IBSAP. 2016. *Indonesian Biodiversity Strategy and Action Plan (IBSAP) 2015-2020*. Jakarta: BAPPENAS.
- Kobori, Hiromi, Janis L. Dickinson, Izumi Washitani, Ryo Sakurai, Tatsuya Amano, Naoya Komatsu, Wataru Kitamura, et al. 2016. "Citizen Science: A New Approach to Advance Ecology, Education, and Conservation." *Ecological Research* 31(1): 1–19. doi:10.1007/s11284-015-1314-y.
- Krombaß, Angela, and Ute Harms. 2011. "Acquiring Knowledge about Biodiversity in a Museum — Are Worksheets Effective?" *Journal of Biological Education* 42(4): 157–63. doi:10.1080/00219266.2008.9656134.
- Lewandowski, Eva J., and Karen S. Oberhauser. 2017. "Butterfly Citizen Scientists in the United States Increase Their Engagement in Conservation." *Biological Conservation* 208: 106–12. doi:10.1016/j.biocon.2015.07.029.
- LIPI. 2010. "Indonesia Tak Punya Data Keanekaragaman Hayati." <http://lipi.go.id/berita/indonesia-tak-punya-data-keanekaragaman-hayati/4692> (March 6, 2021).
- LIPI. 2014. *Kekinian Keanekaragaman Hayati Indonesia 2014*. Jakarta: LIPI Press.
- Mitchell, Nicola, Maggie Triska, Andrea Liberatore, Linden Ashcroft, Richard Weatherill, and Nancy Longnecker. 2017. "Benefits and Challenges of Incorporating Citizen Science into University Education." *PLoS ONE* 12(11): 1–15. doi:10.1371/journal.pone.0186285.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2018. *The National Academies Press Learning Through Citizen Science: Enhancing Opportunities by Design*. Washington, DC: The National Academies Press. doi:doi: <https://doi.org/10.17226/25183>.
- Oberhauser, Karen, and Gretchen Leubhn. 2012. "Insects and Plants: Engaging Undergraduates in Authentic Research through Citizen Science." *Frontiers in Ecology and the Environment* 10(6): 318–20. doi:10.1890/110274.
- Pettibone, L. et al. 2016. *Citizen Science for All A Guide for Citizen Science Practitioners*. Berlin: The German Federal Ministry of Education and Research. www.buergerschaffenwissen.de.
- Pocock, M.J.O., D.S. Chapman, L.J. Sheppard, and H.E. Roy. 2014. *Choosing and Using Citizen Science: A Guide to When and How to Use Citizen Science to Monitor Biodiversity and the Environment*. London: Centre for Ecology and Hydrology.
- Ramdhani, Abdullah, Muhammad Ali Ramdhani, and Abdusy Syakur Amin. 2014. "Writing a Literature Review Research Paper: A Step-by-Step Approach." *International Journal of Basic and Applied Sciences* 3(1): 47–56. doi:10.1177/0021886391273004.
- Roche, Joseph, Laura Bell, Cecília Galvão, Yaela N. Golumbic, Laure Kloetzer, Nieke Knoben, Mari Laakso, et al. 2020. "Citizen Science, Education, and Learning: Challenges and Opportunities."

Frontiers in Sociology 5(December): 1–10. doi:10.3389/fsoc.2020.613814.

- Roger, Erin, William L Geary, Manu E Saunders, Floret Meredith, Dustin J Welbourne, Alex Bako, Emily Canavan, et al. 2018. “Citizen Science in Schools : Engaging Students in Research on Urban Habitat for Pollinators.” : 1–8. doi:10.1111/aec.12608.
- Ruiz-Mallén, Isabel, Livio Riboli-Sasco, Claire Ribault, Maria Heras, Daniel Laguna, and Leïla Perié. 2016. “Citizen Science: Toward Transformative Learning.” *Science Communication* 38(4): 523–34. doi:10.1177/1075547016642241.
- Silva, Cândida G., Antônio Monteiro, Caroline Manahl, Eduardo Lostal, Teresa Holocher-Ertl, Nazareno Andrade, Francisco Brasileiro, et al. 2016. “Cell Spotting: Educational and Motivational Outcomes of Cell Biology Citizen Science Project in the Classroom.” *Journal of Science Communication* 15(1): 1–20. doi:10.22323/2.15010202.
- Soanes, Kylie, Kate Cranney, Marie C. Dade, Amy M. Edwards, Ravindra Palavalli-Nettimi, and Tim S. Doherty. 2020. “How to Work with Children and Animals: A Guide for School-Based Citizen Science in Wildlife Research.” *Austral Ecology* 45(1): 3–14. doi:10.1111/aec.12836.
- Supriatna, J. 2018. *Konservasi Biodiversitas Teori Dan Praktik Di Indonesia*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Sutarno. 2014. “Biodiversitas Indonesia; Penurunan Dan Upaya Pengelolaan Untuk Menjamin Kemandirian Bangsa.” In *Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, , 1–13. doi:10.13057/psnmbi/m010101.
- Theobald, E. J., A. K. Ettinger, H. K. Burgess, L. B. DeBey, N. R. Schmidt, H. E. Froehlich, C. Wagner, et al. 2015. “Global Change and Local Solutions: Tapping the Unrealized Potential of Citizen Science for Biodiversity Research.” *Biological Conservation* 181: 236–44. doi:10.1016/j.biocon.2014.10.021.
- Wals, A. E. J., Brody, M., Dillon, J., & Stevenson, R. B. 2014. “Convergence between Science and Environmental Education.” *Science* 344 (6184): 583–584. doi:doi:10.1126/science.1250515.
- Williams, Rachel L., Sue K. Porter, Adam G. Hart, and Anne E. Goodenough. 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. doi:10.1155/2012/724835.
- Yuda, Ign. Pramana. 2017. “Pendekatan Citizen Science Untuk Meningkatkan Penelitian Dan Konservasi Burung Di Indonesia.” *Konferensi Pemerhati dan Peneliti Burung Indonesia III, Universitas Udayana Denpasar* (July): 1–12.