

ONLINE CITIZEN SCIENCE UNTUK PENELITIAN DAN PENGUMPULAN DATA BIODIVERSITAS DI INDONESIA

Ipin Aripin^{*1,2}, Topik Hidayat³, Nuryani Rustaman^{3,4}, Riandi^{3,4}

¹Prodi Pendidikan IPA Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudi No.229, Isola, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40154

²Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Majalengka, Jl. K.H. Abdul Halim No. 103 Majalengka, Jawa Barat 45418

³Departmen Pendidikan Biologi Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudi No.229, Isola, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40154

⁴Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudi No.229, Isola, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40154

***ipin_aripin@upi.edu**

ABSTRAK

Tujuan dari artikel ini adalah untuk mendeskripsikan peranan kegiatan Online Citizen Science (OCS) untuk penelitian dan pengumpulan data biodiversitas Indonesia. Kegiatan Citizen Science (OCS) saat ini berkembang dengan pesat dan telah menghasilkan jutaan data observasi biodiversitas di seluruh dunia. Kegiatan CS saat ini sudah banyak dilakukan melalui kegiatan online dengan menggunakan berbagai aplikasi dan web seperti iNaturalis, eBird, Zooniverse dan lain-lain. OCS memiliki potensi yang sangat besar untuk pengumpulan data penelitian dan big data biodiversitas Indonesia mengingat saat ini Indonesia belum memiliki data biodiversitas yang memadai padahal laju loss biodiversity terus meningkat setiap tahunnya, melalui pemanfaatan OCS diharapkan akan membantu ilmuwan dalam pengumpulan data penelitian dengan lebih cepat dan hemat biaya karena melibatkan masyarakat secara luas untuk berpartisipasi. Di Indonesia sudah banyak lembaga swadaya masyarakat maupun lembaga pemerintah yang mengembangkan aplikasi dan kegiatan OCS seperti Biodiversity Warrior, Burungnesia, Burung, Ampibi Reptil Kita dan lain-lain. Platform tersebut telah memiliki ribuan anggota dan menghasilkan puluhan ribu data, sehingga berpotensi sangat besar menghasilkan big data biodiversitas Indonesia. Potensi OCS dalam riset dan pengumpulan biodiversitas Indonesia dapat terwujud apabila tujuan program OCS, metode, standar data, analisis dan pelaporan data yang dihasilkan memiliki standar yang sudah baku sehingga data yang dihasilkan benar-benar valid.

Kata Kunci : *Online Citizen Science, Penelitian, Data, Biodiversitas*

PENDAHULUAN

Perkembangan dalam dunia digital telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai sendi kehidupan manusia. Penggunaan *smartphone* khususnya seolah telah merubah pola pikir dan pola interaksi *social* manusia dari berinteraksi antar sesama menjadi berinteraksi secara virtual di dunia maya. Data penggunaan *smartphone* di Indonesia dari tahun ke tahun menunjukkan peningkatan yang sangat signifikan data menunjukkan bahwa 42% penduduk Indonesia sudah memiliki *smartphone* (Alfarizi, 2019). Namun demikian penggunaan *smartphone* di Indonesia lebih dominan untuk kegiatan hiburan (Zara, 2018) seperti bermain media *social* atau games. Penggunaan *smartphone* di Indonesia belum dioptimalkan sebagai sarana untuk membantu kegiatan riset atau kegiatan konservasi seperti di negara-negara yang sudah maju yang sudah memanfaatkan media online seperti melalui *smartphone* dan web untuk kegiatan pengumpulan data riset yang dikenal sebagai *online citizen science* (OCS).

Saat ini masyarakat dapat berperan secara aktif untuk membantu peneliti dalam pengumpulan dan program konservasi secara digital melalui kegiatan OCS. Kegiatan OCS merupakan partisipasi masyarakat dalam penelitian sains yang dilakukan ilmuwan melalui platform digital. OCS merupakan kegiatan CS yang dilakukan secara global melalui media online seperti Zooniverse, Burungnesia, Amphibi Reptil Kita dan lain-lain. OCS merupakan solusi untuk penelitian yang cepat, akurat, dan solusi hemat biaya.

Kegiatan *Citizen Science* (CS) memiliki banyak manfaat bagi kegiatan riset, pendidikan maupun keterlibatan publik dalam penelitian ilmiah (Roetman & Daniels, 2011). Kegiatan CS dapat dilakukan secara online dan *outdoor*. Kegiatan CS yang dilakukan secara online dikenal sebagai OCS dimana kegiatan ini memanfaatkan *platform online* untuk penjangking peserta kegiatan baik melalui media *social* (Liberatore et al., 2018), pemanfaatan aplikasi OCS pada *smartphone*, internet/web (Paul & Buytaert, 2018). Adapun kegiatan CS yang dilakukan secara *outdoor* adalah merupakan kegiatan CS yang dilakukan secara langsung ke lapangan untuk melakukan pemantauan lapangan seperti pemantauan perbungaan (Roger et al., 2018), pemantauan spesies invasif (Gallo & Waitt, 2011), pemantauan biodiversitas (Groom et al., 2017), monitoring lingkungan (Jalbert & Kinchy, 2016) dan lain-lain. Kegiatan CS baik dilakukan secara online maupun *outdoor* terbukti memberikan output dan outcome yang nyata bagi peserta kegiatan ini 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 negara-negara yang sudah maju seperti Amerika, Jerman, dan Australia peranan masyarakat dalam kegiatan OCS sudah sangat tinggi, kesadaran dan partisipasi masyarakat untuk terlibat dalam kegiatan penelitian sains di sana sudah sangat tinggi, hal ini pun didukung dengan banyaknya kegiatan ataupun platform OCS yang dikembangkan oleh Pemerintah daerah, LSM, atau lembaga-lembaga penelitian serta perguruan tinggi untuk membantu masing-masing lembaga tersebut

dalam pengumpulan, pemetaan, pemantauan, analisis data riset yang mereka lakukan.

Kegiatan CS di Indonesia boleh dibilang kurang populer belum banyak masyarakat ataupun lembaga yang mempopulerkan kegiatan CS ataupun kegiatan OCS. Penelitian yang dilakukan oleh Aripin & Hidayat (2020) menunjukkan bahwa masyarakat belum banyak yang mengenal istilah CS tetapi mengenal istilah lain yang setara dengan CS dan juga tanpa mereka sadari telah mempraktikkan kegiatan CS. Masih berdasarkan hasil penelitian Aripin dan Hidayat (2020) salah satu kendala kegiatan CS di Indonesia adalah masih kurangnya pengetahuan dan keterampilan riset yang dimiliki masyarakat sehingga kurang percaya diri untuk terlibat dalam kegiatan CS.

Kegiatan CS khususnya dalam bentuk OCS memiliki potensi yang sangat besar untuk menjadi solusi dalam penelitian dan pengumpulan biodiversitas di Indonesia. Saat ini Indonesia dihadapkan pada kendala kurangnya jumlah ilmuwan dimana rasionya adalah 40 peneliti per satu juta penduduk, sementara negara tetangga Malaysia sudah memiliki 1600 peneliti per satu juta penduduk (LIPI, 2015), kendala lainnya adalah tidak adanya data yang akurat inventarisasi biodiversitas yang dimilikinya (LIPI, 2010).

Untuk mengatasi kesenjangan jumlah ilmuwan dan kebutuhan untuk pendataan biodiversitas Indonesia solusi yang dapat dilakukan adalah melibatkan partisipasi public non ilmuwan untuk berpartisipasi dalam penelitian ilmiah melalui kegiatan CS khususnya yang berbasis online atau OCS. Kegiatan OCS terbukti mampu berperan optimal dalam pengumpulan data penelitian yang dilakukan oleh ilmuwan sehingga mempercepat kegiatan riset (Mason & Garbarino, 2016). Meskipun OCS memiliki keunggulan terdapat sisi lemah data yang dihasilkan oleh sukarelawan, yaitu adanya gap data yang dihasilkan ilmuwan dan amatir (Urválková & Janoušková, 2019), namun demikian hal ini dapat di atasi dengan pelatihan dan pembuatan protocol kegiatan secara kolaboratif.

Kegiatan OCS di Indonesia berpotensi sangat besar untuk terus berkembang dan menjadi solusi dalam pengumpulan biodiversitas Indonesia hal ini ditunjang oleh banyaknya komunitas-komunitas masyarakat, LSM, perguruan tinggi yang peduli terhadap biodiversitas di Indonesia. Menurut penelitian yang dilakukan Yuda (2018) kegiatan CS dapat menjadi solusi dalam pengumpulan data biodiversitas di Indonesia khususnya biodiversitas burung. Kegiatan CS di Indonesia menjadi salah satu strategi yang efektif dalam pengembangan big data biodiversitas dengan catatan perencanaan program harus jelas, bentuk *citizen science* yang akan diterapkan, metode standar yang akan dipakai, bentuk partisipasi warga, sistem pencatatan, analisis serta pelaporan dan diseminasi hasilnya dan sistem pengorganisasian (Yuda, 2018).

PEMBAHASAN

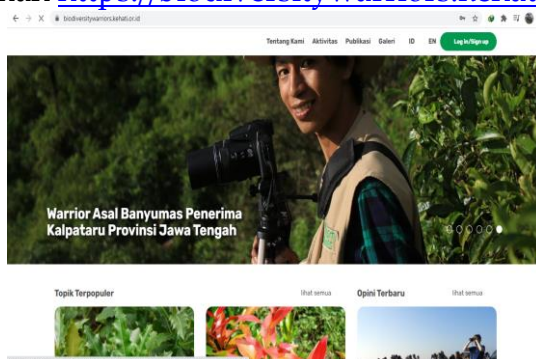
1. *Online Citizen Science* (OCS)

Teknologi digital saat ini meningkat dengan sangat pesat, penggunaan teknologi informasi telah digunakan dalam berbagai unsur kehidupan manusia termasuk digunakan dalam bidang sains dan penelitian sains. Platform digital saat ini telah dimanfaatkan oleh para ilmuwan untuk melibatkan masyarakat (Citizen) untuk membantu mereka dalam mengumpulkan dan menganalisis data penelitian. Platform digital dalam bentuk aplikasi maupun web seperti iNaturalis, eBird, Galaxy Zoo, Biodiversity Warrior dan lain-lain telah digunakan sebagai sarana pengumpulan data penelitian secara online yang melibatkan peran serta masyarakat umum (amatir) untuk terlibat dalam pengumpulan data penelitian. Keterlibatan public secara online untuk membantu para ilmuwan dalam pengumpulan, analisis, dan publikasi data penelitian dikenal dengan istilah online citizen science (OCS). Adanya OCS telah membuka kesempatan dan kesenjangan amatir dan ilmuwan untuk berkolaborasi dalam penelitian ilmiah (Dowthwaite & Sprinks, 2019).

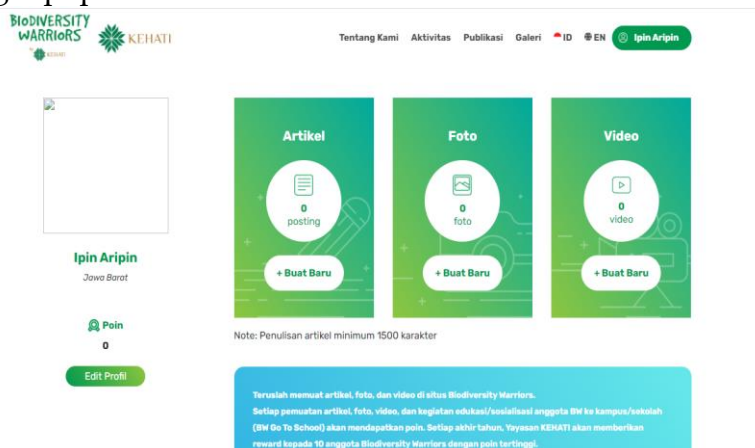
OCS menurut Curtis (2015) dikelompokkan menjadi tiga, yaitu *distributed computing*, *distributed thinking* dan *citizen science games*. Distributed computing dilakukan dengan peserta menyumbangkan daya komputasi mereka untuk analisis data dalam volume besar; adapun *distributed thinking* dilakukan dengan 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). *Citizen science games* memungkinkan peserta yang tidak memiliki latar belakang atau kualifikasi formal dalam sains untuk terlibat dalam penelitian ilmiah otentik di mana pun ada akses ke internet (Curtis, 2014).

Platform OCS biasanya menyajikan informasi terkait latar belakang seperti tujuan penelitian, dan materi pendidikan sehingga peserta dapat belajar lebih banyak tentang ilmu terkait. Banyak proyek OCS berisi forum tempat peserta dapat berinteraksi satu sama lain dan (dalam beberapa kasus) dengan ilmuwan atau pengembang proyek (Curtis, 2015). Di dunia sudah banyak OCS yang dikembangkan dalam bentuk aplikasi ataupun web, di Indonesia sendiri sudah banyak platform OCS yang dikembangkan antara lain *biodiversity warrior* yang dikembangkan Yayasan Kehati. Berikut cara untuk mendaftar aplikasi OCS di *biodiversitywarrior*.

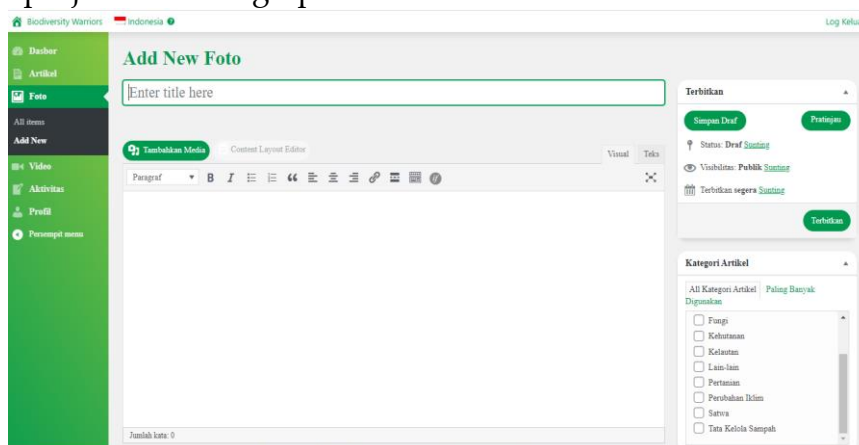
1) Mendaftar melalui laman <https://biodiversitywarriors.kehati.or.id/>



2) Melengkapi pendaftaran



3) Melakukan project dan menginput data



2. Citizen Science dan Penelitian

Program Citizen Science saat ini semakin berkembang dan diterima secara luas di berbagai negara termasuk di Indonesia. Pada dasarnya kegiatan CS merupakan kegiatan penelitian yang dasarnya adalah *scientific inquiry* (Jordan et al., 2015; California Academy of Sciences, 2018) dengan urutan proses inkuiri, yaitu mengajukan pertanyaan, mengumpulkan data, menafsirkan temuan, dan membuat kesimpulan (Stylinski et al., 2020).

Kegiatan CS telah banyak digunakan untuk membantu para ilmuwan untuk mengumpulkan, analisis dan publikasi data penelitian. Ribuan data dan publikasi telah berhasil diterbitkan dalam berbagai jurnal ilmiah (Theobald et al., 2015), program CS juga dapat menjadi jembatan antara ilmuwan dan masyarakat untuk berpartisipasi dalam penelitian ilmiah (Burgess et al., 2017). Kegiatan CS merupakan kegiatan yang dapat meningkatkan literasi sains (Bonney et al., 2009), keterampilan meneliti (Earp & Liconti, 2020), ekologi, pendidikan dan konservasi (Kobori et al., 2016).

3. Potensi Online Citizen Science untuk Pengumpulan Data Biodiversitas Indonesia

Indonesia merupakan negara megabiodiversitas dengan potensi yang sangat berlimpah. Data biodiversitas Indonesia terbaru seperti yang dirangkum oleh LIPI

(2014) menunjukkan betapa tingginya biodiversitas Indonesia jika dibandingkan dengan biodiversitas yang ada di dunia ini. Tabel berikut merepresentasikan nilai keanekaragaman hayati Indonesia dibandingkan dengan yang ada di dunia.

Tabel 1. Nilai Keanekaragaman Hayati Indonesia dan Dunia

Negara	Nilai Keanekaragaman	Nilai Endemisme	Nilai Total
Brazil	30	18	48
Indonesia	18	22	40
Kolombia	26	10	36
Australia	5	16	21
Mexico	8	7	15
Madagaskar	2	12	14
Peru	9	3	12
Cina	7	2	9
Filipina	0	6	6
India	4	5	8
Ekuador	5	0	5
Venezuela	3	0	3

Salah satu permasalahan yang dihadapi Indonesia dengan tingginya tingkat biodiversitasnya adalah lemahnya inventarisasi data kekayaan hayati yang terdapat di Indonesia (LIPI, 2010), hal ini menyebabkan terjadinya biopirasi biodiversitas Indonesia, serta terjadinya *loss biodiversity* yang tidak terdata karena ketiadaan data pembandingan sebelumnya.

Laporan IUCN tahun 2000 seperti yang dikutip oleh Hambler (2004) menunjukkan bahwa ancaman terhadap *loss biodiversity* dan kepunahan spesies adalah terjadinya kerusakan habitat, eksploitasi, kehilangan secara tidak langsung, invasif spesies, bencana alam, polusi udara, dan polusi tanah/air. Menurut CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*) Indonesia memiliki 32500 spesies flora dan fauna mamalia 37 jenis, burung 15 jenis, reptil 9 jenis, ikan 2 jenis, total 63 jenis fauna dan 23 jenis flora yang masuk dalam kategori liar dan terancam punah akibat eksploitasi perdagangan ilegal (Cukai, 2015).

Salah satu upaya pengumpulan data biodiversitas Indonesia selain dilakukan oleh ilmuwan, perguruan tinggi juga dapat memanfaatkan kolaborasi ilmuwan dan masyarakat umum (*Citizen*) untuk bersinergi dalam upaya pengumpulan, analisis data, dan publikasi data biodiversitas Indonesia melalui program *Citizen Science Project* (CSP). Di Jerman program CSP telah berhasil untuk melakukan konservasi alam, melindungi spesies yang terancam punah serta memberikan kontribusi terhadap kebijakan yang dibuat pemerintah dalam upaya perlindungan biodiversitas (Pettibone, et al., 2016). Di Indonesia sendiri praktik CS sudah banyak dilakukan khususnya dalam bentuk *outdoor*, tetapi belum sepenuhnya melembaga. Komunitas-komunitas kegiatan pemantauan biodiversitas seperti komunitas fotografer burung, kupu-kupu, capung dan sebagainya banyak bertebaran dalam platform media

social khususnya facebook dan dalam bentuk web. Kegiatan CS dalam bentuk online (OCS) juga sudah mulai banyak berkembang di Indonesia. Berikut beberapa OCS yang ada di Indonesia serta data biodiversitas yang terkumpul di dalamnya.

Tabel 1. Platform OCS di Indonesia

Program	Profil	Sumber	Peserta dan Data Yang Terkumpul
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/	P: 2767 HP:-
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.birdpucker.com/burungnesia	Kapasitas peserta : 20.000 Data : 165.000
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	https://www.inaturalist.org/projects/	P : 524 HP : 11248

Program	Profil	Sumber	Peserta dan Data Yang Terkumpul
	untuk mengumpulkan berbagai biodiversitas reptile yang ada di Indonesia.	amfibi-reptil-kita-ark	
Citizen Science Indonesia	OCS ini bertujuan untuk membantu peneliti dan penelitian biodiversitas Indonesia khususnya dalam pengumpulan biodiversitas burung	http://www.citizen-science.id/	-
Asian Waterbird Census (AWC)	AWC merupakan kegiatan pemantauan burung air yang dikoordinasi oleh Wetlands International dan merupakan salah satu kegiatan dalam upaya konservasi burung air dan habitatnya	https://indonesia.wetlands.org/id/	-
Pemantauan Burung Pantai Indonesia (Mobupi)	Mobupi merupakan komunitas yang bergerak dalam upaya pengamatan, pencatatan dan konservasi burung yang ada di Indonesia	http://burung-nusantara.org/	-

Keterangan : P = peserta; HP = hasil pengamatan
Data s.d 11 Maret 2021

KESIMPULAN

OCS memiliki potensi yang sangat besar untuk digunakan dalam penelitian dan pengumpulan biodiversitas Indonesia, dengan potensi jumlah penduduk sebanyak 270 juta orang dan sebagian besarnya adalah generasi muda maka akan menjadi modal yang sangat besar untuk berperan dalam kegiatan penelitian, dan pengumpulan data biodiversitas Indonesia. OCS merupakan solusi yang cepat, menjangkau lingkup yang luas serta hemat biaya untuk penelitian dan pengumpulan biodiversitas Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfarizi, M., K. (2019). *Survei Kepemilikan Smartphone, Indonesia Peringkat ke-24*. <https://tekno.tempo.co/read/1181645/survei-kepemilikan-smartphone-indonesia-peringkat-ke-24/full&view=ok>
- 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>

- Bonney, R., Cooper, C. B., 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>
- Burgess, H. K., DeBey, L. B., Froehlich, H. E., Schmidt, N., Theobald, E. J., Ettinger, A. K., HilleRisLambers, J., Tewksbury, J., & Parrish, J. K. (2017). The science of citizen science: Exploring barriers to use as a primary research tool. *Biological Conservation*, 208, 113–120. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.014>
- California Academy of Sciences. (2018). *Citizen Science Toolkit Teaching Science Through Citizen Science*. <http://www.riss.kr/link?id=T14746997>
- Cukai, B. (2015). *Jaga Alam, Lindungi Flora & Fauna Indonesia*. 47, 1–64.
- Curtis, V. (2014). Online citizen science games: Opportunities for the biological sciences. *Applied and Translational Genomics*, 3(4), 90–94. <https://doi.org/10.1016/j.atg.2014.07.001>
- Curtis, V. (2015). *Online citizen science projects: an exploration of motivation, contribution and participation*. The Open University.
- Dowthwaite, L., & Sprinks, J. (2019). Citizen science and the professional-amateur divide: lessons from differing online practices. *Journal of Science Communication*, 18(01), 1–18. <https://doi.org/10.22323/2.18010206>
- Earp, H. S., & Liconti, A. (2020). Science for the Future: The Use of Citizen Science in Marine Research and Conservation. *YOUMARES 9 - The Oceans: Our Research, Our Future*, 1–19. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20389-4_1
- 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>
- 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>
- Hamblen, C. (2004). *Conservation Studies in Biology*. Cambridge University Press.
- 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>
- Jordan, R., Crall, A., Gray, S., Phillips, T., & Mellor, D. (2015). *Citizen Science as a Distinct Field of Inquiry*. 65(2), 208–211. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu217>
- Kobori, H., Dickinson, J. L., Washitani, I., Sakurai, R., Amano, T., Komatsu, N., Kitamura, W., Takagawa, S., Koyama, K., Ogawara, T., & Miller-Rushing, A. J. (2016). Citizen science: a new approach to advance ecology, education, and conservation. *Ecological Research*, 31(1), 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11284-015-1314-y>

- 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>
- LIPI. (2010). *Indonesia tak Punya Data Keanekaragaman Hayati*. <http://lipi.go.id/berita/indonesia-tak-punya-data-keanekaragaman-hayati/4692>
- LIPI. (2014). *Kekinian Keanekaragaman Hayati Indonesia 2014*. LIPI Press.
- LIPI. (2015). *Indonesia Kekurangan Peneliti Aktif*. <http://lipi.go.id/lipimedia/indonesia-kekurangan-peneliti-aktif/11012>
- Mason, C. E., & Garbarino, J. (2016). The Power of Engaging Citizen Scientists for Scientific Progress. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(1), 7–12. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v17i1.1052>
- 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>
- Pettibone, L. et al. (2016). *Citizen science for all A guide for citizen science practitioners*. Leibniz Institute for Evolution and Biodiversity Science. www.buergerschaffenwissen.de
- Roetman, P. E. J., & Daniels, C. B. (2011). *The benefits of citizen science in research , education and community engagement*. March 2018.
- 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>
- Stylinski, C. D., Peterman, K., Phillips, T., Linhart, J., & Becker-Klein, R. (2020). Assessing science inquiry skills of citizen science volunteers: a snapshot of the field. *International Journal of Science Education, Part B: Communication and Public Engagement*, 10(1), 77–92. <https://doi.org/10.1080/21548455.2020.1719288>
- 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>
- Urválková, E. S., & Janoušková, S. (2019). Citizen science – bridging the gap between scientists and amateurs. *Chemistry Teacher International*, 1(2), 1–8. <https://doi.org/10.1515/cti-2018-0032>
- Yuda, I. P. (2018). Kesenjangan Informasi Bio-ekologi Jenis Burung Prioritas Nasional dan Potensi Pendekatan Citizen Science di Indonesia. *Konferensi Peneliti Dan Pemerhati Burung Di Indonesia IV, Di Universitas Negeri Semarang, February*.

Zara, A. (2018). *Riset: Pengguna Smartphone Indonesia Senang Buka Konten Hiburan*.
<https://tekno.tempo.co/read/1138588/riset-pengguna-smartphone-indonesia-senang-buka-konten-hiburan/full&view=ok>