

Peranan Sains Warga dalam Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

Cecep Aminudin^{1*}

¹ECOTAS, Cigadung Green Land A9, Bandung 40191 INDONESIA

Kata Kunci:
*Sains warga,
pengelolaan,
lingkungan hidup*

Abstrak

Setiap warga negara mempunyai hak yang sama untuk berperan serta dalam kegiatan penguasaan, pemanfaatan, dan pemajuan ilmu pengetahuan. Artikel ini menyajikan hasil penelitian literatur mengenai peranan dan potensi sains warga dalam perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Sains warga sebagai pengumpulan dan analisis data yang berkaitan dengan lingkungan hidup oleh anggota masyarakat umum berkolaborasi dengan ilmuwan profesional memiliki peranan potensial dalam pengelolaan lingkungan. Sains warga dapat berperan dalam upaya konservasi, pengambilan keputusan lokal, pemantauan lingkungan, dan penegakan hukum serta mewujudkan keadilan lingkungan.

Keywords:
*Citizen science,
management,
environment*

Abstract

Every citizen has the same right to participate in the activities of mastery, utilization, and advancement of science. This article presents the results of literature review on the role and potential of citizen science in environmental protection and management. Citizen science as the collection and analysis of data relating to the environment by members of the general public in collaboration with professional scientists has a potential role in environmental management. Citizen science can play a role in conservation efforts, local decision making, environmental monitoring, and law enforcement as well as realizing environmental justice.

1 PENDAHULUAN

Sains warga (*citizen science-CS*), atau ada pula yang menyebutnya sains khalayak, atau ilmu pengetahuan warga, adalah kegiatan penelitian sains yang dilaksanakan, baik sebagian atau seluruhnya, oleh peneliti amatir atau non-profesional (Gura 2013). Sains warga juga didefinisikan sebagai pengumpulan dan analisis data yang berkaitan dengan dunia alami oleh anggota masyarakat umum, biasanya sebagai bagian dari proyek kolaborasi dengan ilmuwan profesional. Seorang anggota

masyarakat umum yang mengumpulkan dan menganalisis data yang berkaitan dengan dunia alami, biasanya sebagai bagian dari proyek kolaborasi dengan ilmuwan profesional disebut ilmuwan warga (*citizen scientist*) (UN Environment 2019).

Sains warga sesuai dengan ketentuan Pasal 24 (1) Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2002 Tentang Sistem Nasional Penelitian, Pengembangan, dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, yang menyebutkan setiap warga negara mempunyai hak yang sama untuk berperan serta dalam melaksanakan

* Penulis koresponden: cecep.aminudin@ecotas.org

kegiatan penguasaan, pemanfaatan, dan pemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi sesuai dengan peraturan perundang-undangan (Republik Indonesia 2019).

Artikel ini bertujuan untuk mendeskripsikan peranan sains warga dalam perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.

2 METODE

Artikel ini menyajikan hasil penelitian literatur (*literature review*) mengenai peranan dan potensi sains warga dalam perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Bahan-bahan literatur yang terkumpul dianalisis secara kualitatif dan disajikan secara deskriptif.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

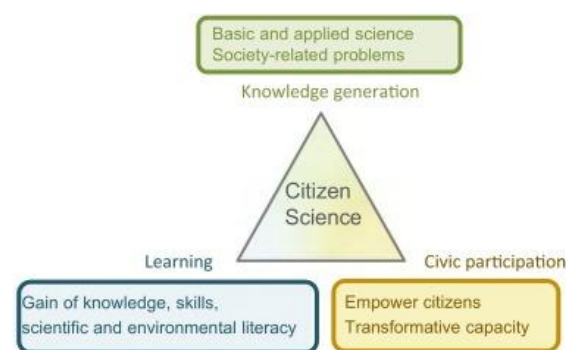
Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum (Republik Indonesia 2009).

Sains warga memberikan manfaat bagi warga, pemerintah, masyarakat dan ilmuwan atau peneliti. Manfaat bagi warga adalah mempelajari keterampilan pengamatan dan analitis, mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang dunia alami, kesempatan kerja dan pengembangan kapasitas. Manfaat bagi pemerintah adalah biaya pengumpulan data yang lebih rendah, cakupan data spasial dan temporal yang lebih luas serta mempromosikan pengelolaan lingkungan. Manfaat bagi masyarakat atau komunitas adalah memantau kesehatan lingkungan, meningkatnya interaksi masyarakat serta mempromosikan pengelolaan lingkungan. Sedangkan bagi ilmuwan dan peneliti, sains warga memiliki manfaat mengurangi beban kerja, membangun koneksi dengan komunitas serta mendidik orang cara meneliti (UN Environment 2019).

Sains warga adalah pendekatan terhadap informasi lingkungan yang secara aktif dan tulus mendorong dan meminta masukan publik dalam proses ilmiah dan memasukkan data dan informasi yang dihasilkan di luar batas kelembagaan tradisional. Dalam sains warga, masyarakat berpartisipasi secara sukarela dalam proses ilmiah, mengatasi masalah dunia nyata

dengan cara yang dapat mencakup merumuskan pertanyaan penelitian, melakukan eksperimen ilmiah, mengumpulkan dan menganalisis data, menafsirkan hasil, membuat penemuan baru, mengembangkan teknologi dan aplikasi, dan menyelesaikan masalah yang kompleks (National Advisory Council for Environmental Policy and Technology (NACEPT) 2018).

Gambar 1 berikut ini menunjukkan sains warga menawarkan potensi inovasi yang signifikan dalam sains, masyarakat dan kebijakan. Untuk meningkatkan tujuan lingkungan dan konservasi, ilmu warga dapat (i) menghasilkan pengetahuan baru, (ii) meningkatkan kesadaran dan memfasilitasi pembelajaran yang mendalam serta (iii) memungkinkan partisipasi masyarakat (Turrini dkk. 2018).



Gambar 1. Potensi Sains Warga

Seperti ditunjukkan dalam Gambar 1, tiga kali lipat potensi ilmu warga untuk menghasilkan pengetahuan baru (hijau), menciptakan peluang belajar (biru), dan memungkinkan partisipasi masyarakat (kuning) (Turrini dkk. 2018).

Sepuluh prinsip yang dimaksudkan sebagai kerangka kerja standar untuk menumbuhkan keunggulan dalam semua aspek sains warga dikembangkan oleh komunitas internasional praktisi sains warga dan peneliti yang mengemukakan pandangan bersama mereka tentang karakteristik yang menopang sains warga berkualitas tinggi (Hecker dkk. 2018).

Sepuluh prinsip tersebut memberikan kerangka kerja untuk menilai inisiatif sains warga yang baru dan yang sudah ada dengan tujuan mendorong keunggulan dalam semua aspek sains warga. Pada saat sains warga berkembang pesat tetapi belum diarusutamakan dalam penelitian tradisional atau proses kebijakan, sepuluh prinsip ini menyediakan

seperangkat prinsip inti yang sama untuk dipertimbangkan oleh pemerintah, pembuat keputusan, peneliti dan pemimpin proyek ketika mendanai, mengembangkan atau menilai proyek sains warga (Hecker dkk. 2018).

Sepuluh prinsip sains warga tersebut adalah (Hecker dkk. 2018): *pertama*, proyek sains warga secara aktif melibatkan warga dalam upaya ilmiah yang menghasilkan pengetahuan atau pemahaman baru. Warga dapat bertindak sebagai kontributor, kolaborator atau sebagai pemimpin proyek dan memiliki peran yang berarti dalam proyek tersebut.

Kedua, proyek sains warga memiliki hasil sains asli. Misalnya, menjawab pertanyaan penelitian atau menginformasikan tindakan konservasi, keputusan manajemen atau kebijakan lingkungan.

Ketiga, baik ilmuwan profesional maupun ilmuwan warga mendapat manfaat dari keikutsertaannya. Manfaat dapat mencakup publikasi hasil penelitian, peluang belajar, kesenangan pribadi, manfaat sosial, kepuasan melalui kontribusi pada bukti ilmiah, misalnya, untuk mengatasi masalah lokal, nasional dan internasional, dan melalui hal itu, potensi untuk memengaruhi kebijakan.

Keempat, ilmuwan warga dapat berpartisipasi dalam berbagai tahap proses ilmiah jika mereka bersedia. Hal ini mungkin termasuk mengembangkan pertanyaan penelitian, merancang metode, mengumpulkan data, menganalisis data, dan mengomunikasikan hasilnya.

Kelima, ilmuwan warga menerima umpan balik dari proyek. Misalnya, bagaimana data mereka digunakan dan apa hasil penelitian, termasuk bagi kebijakan atau masyarakat.

Keenam, sains warga dianggap sebagai pendekatan penelitian seperti yang lainnya, dengan keterbatasan dan bias yang harus dipertimbangkan dan dikendalikan. Namun tidak seperti pendekatan penelitian tradisional, sains warga memberikan kesempatan untuk keterlibatan publik yang lebih besar dan demokratisasi ilmu.

Ketujuh, data proyek metadata warga dan metadata dibuat tersedia untuk umum dan jika mungkin, hasilnya dipublikasikan dalam format akses terbuka. Berbagi data dapat terjadi selama atau setelah proyek, kecuali ada masalah keamanan atau privasi yang mencegah hal ini.

Kedelapan, ilmuwan warga diakui dalam hasil proyek dan publikasi.

Kesembilan, program sains warga dievaluasi untuk hasil ilmiah, kualitas data, pengalaman peserta dan dampak sosial atau kebijakan yang lebih luas.

Kesepuluh, para pemimpin proyek sains warga mempertimbangkan masalah hukum dan etika seputar hak cipta, kekayaan intelektual, perjanjian berbagi data, kerahasiaan, atribusi dan dampak lingkungan dari setiap kegiatan.

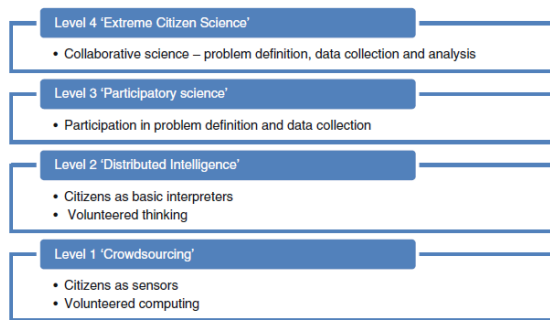
Partisipasi warga dalam penelitian tidak terbatas pada pengumpulan data saja. Warga bisa terlibat dalam penyusunan perencanaan sampai analisis (Yuda 2017). Berdasarkan tingkat partisipasi warga dalam program citizen science, Bonney dkk. (2009) dalam Yuda (2007) menggolongkan sains warga menjadi tiga kelompok yaitu sains warga *contributory*, *collaborative* dan *co-created*. Ciri-ciri dari tiap golongan sains warga tersebut diringkas dalam Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Program Sains Warga

Tahapan partisipasi warga	Contributory	Collaborative	Co-created
Menetapkan pertanyaan/masalah penelitian			√
Mengumpulkan informasi			√
Mengembangkan hipotesis			√
Merancang Metode pengambilan data		(√)	√
Mengkoleksi sampel	√	√	√
Menganalisis sampel		√	√
Menganalisis data	(√)	√	√
Menginterpretasi data dan kesimpulan		(√)	√
Mendesiminasi hasil/menterjemahkannya dalam aksi	(√)	(√)	√
Mendiskusikan hasil dan menyusun pertanyaan baru			√

Sumber: Bonney dkk. (2009) dalam Yuda (2007)

Sementara itu menurut Haklay (2013), terdapat empat tingkatan partisipasi dan keterlibatan dalam proyek sains warga (Gambar 2). Pertama tingkat *crowdsourcing*. Kedua tingkat *distributed intelligence*. Ketiga tingkat *participatory science*. Keempat tingkat *extreme citizen science*.



Gambar 2. Tingkat partisipasi dan keterlibatan dalam proyek sains warga (Haklay 2013)

Pada level *crowdsourcing* para peserta menjadi sukarelawan secara pasif, tanpa pemahaman penuh tentang proyek sebagai cara untuk terlibat dan berkontribusi pada studi ilmiah. Pada tingkat ini partisipasi terbatas pada penyediaan sumber daya, dan keterlibatan kognitif minimal. Menjalankan proyek di tingkat *crowdsourcing* berarti bahwa terlepas dari kesediaan peserta untuk terlibat dengan proyek ilmiah, namun kemampuan kognitif mereka terbuang sia-sia.

Pada tingkat kecerdasan terdistribusi (*distributed intelligence*) kemampuan kognitif para peserta merupakan sumber daya yang digunakan. Para peserta diminta untuk mengambil pelatihan dasar dan kemudian mengumpulkan data atau melakukan kegiatan interpretasi sederhana.

Pada tingkat *participatory science* definisi masalah ditetapkan oleh para peserta, dan metode pengumpulan data dirancang dengan konsultasi dengan para ilmuwan dan pakar. Para peserta kemudian terlibat dalam pengumpulan data, tetapi membutuhkan bantuan para ahli dalam menganalisis dan menafsirkan hasil. Metode ini umum dalam kasus-kasus keadilan lingkungan dan mengarah pada sains yang sesuai dengan kebutuhan warga.

Terakhir tingkat sains kolaboratif yaitu kegiatan yang sepenuhnya terintegrasi, di mana ilmuwan profesional dan non-profesional terlibat dalam memutuskan masalah ilmiah mana yang harus dikerjakan dan sifat pengumpulan datanya sehingga valid dan menjawab kebutuhan protokol ilmiah sambil mencocokkan motivasi dan minat para peserta. Para peserta dapat memilih tingkat keterlibatan mereka dan dapat berpotensi terlibat dalam analisis dan publikasi atau pemanfaatan hasil. Bentuk ilmu warga ini dapat disebut sains warga yang ekstrim (*extreme citizen science*) dan

mengharuskan para ilmuwan bertindak sebagai fasilitator, di samping peran mereka sebagai ahli.

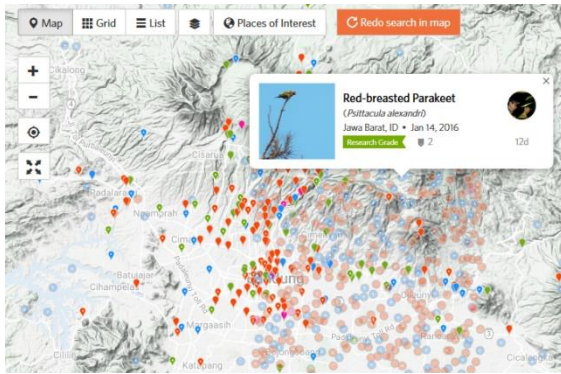
Sebuah model sains warga dapat berupa tahapan sebagai berikut (Bonney dkk. 2009): (1) Memilih permasalahan, (2) Membuat tim ilmuwan/pendidik/teknokrat/evaluator, (3) Mengembangkan, menguji dan memperbaiki protokol, isian data dan materi pendukung lainnya, (4) Merekrut partisipan, (5) Melatih partisipan, (6) Menerima, menyunting dan menampilkan data, (7) Menganalisa dan menginterpretasikan data, (8) Menyebarkan data, (9) Mengukur manfaat yang didapatkan (*outcomes*).

3.1 Sains Warga dalam Konservasi

Ilmu pengetahuan warga dapat meningkatkan upaya konservasi dengan membangun pengetahuan ilmiah dan mendorong aksi publik. Apabila desain proyek sesuai dengan kebutuhan sains dan keterlibatan publik maka ilmu pengetahuan warga adalah alat yang ampuh untuk mengatasi tantangan konservasi (McKinley dkk. 2017).

Jumlah proyek riset yang meminta data dari ilmuwan-ilmuwan warga (*citizen scientists*) kian meningkat, sehingga misalnya menyediakan peluang bagi para penyelam dan perenang snorkel untuk berkontribusi pada riset yang penting. Di tahun 2012 sebagai contoh, instruktur selam di seluruh dunia merespon survey online "eManta" (www.eOceans.org), yang bertanya mengenai pengamatan-pengamatan pari manta dan mobula, sebagai bagian dari studi global mengenai status populasi pari-pari mobulid tersebut. Para operator memberikan pengamatan penyelaman harian mereka ke www.eOceans.org untuk meninjau berbagai kebutuhan konservasi (WWF 2017).

Contoh lainnya seperti ditunjukkan Gambar 3 adalah www.iNaturalist.org yang merupakan proyek sains khalayak dan jejaring sosial daring bagi pecinta alam (naturalis), ilmuwan khalayak, dan ahli biologi, yang dibangun atas konsep pemetaan dan berbagi pengamatan ragam hayati dari seluruh dunia (iNaturalist 2020a).



Gambar 3. Pengamatan Hewan dan Tumbuhan dengan Sains Warga di Inaturalist (iNaturalist 2020b)

Sains warga mencakup berbagai cara berbeda di mana warga terlibat dalam ilmu pengetahuan. Kebanyakan proyek sains warga yang diformalkan adalah proyek kontribusi yang dipimpin oleh para ilmuwan dan lembaga swadaya masyarakat, di mana warga negara mengumpulkan data ilmiah atas nama para ahli. Proyek-proyek ini mewakili pendekatan yang kuat untuk pengumpulan data dan dapat membantu mengatasi kesenjangan penelitian dan sumber daya dalam ilmu lingkungan. Namun, mereka mungkin gagal mengenali potensi warga yang lebih besar untuk mendefinisikan pertanyaan penelitian ilmiah, menyumbangkan pengetahuan lokal dan situasi khusus, melakukan analisis yang lebih kompleks dan berpartisipasi dalam pengambilan keputusan tentang masalah lingkungan (Science Communication Unit, University of the West of England 2013).

3.2 Sains Warga untuk Pemantauan

Program pemantauan kualitas air telah menjadi salah satu program sains warga yang berjalan paling lama dan sukses di Amerika Serikat (AS) (Compas dan Wade 2018). Bidang pemantauan lingkungan merupakan pengadopsi dan pendukung awal kegunaan proyek ini (Brett 2017).

Menurut Badan Lingkungan Amerika (*United States Environmental Protection Agency* (USEPA)), sains warga adalah bidang yang tumbuh sangat penting di mana investigasi ilmiah dilakukan oleh sukarelawan. Individu dan kelompok masyarakat telah lama mengumpulkan data untuk lebih memahami lingkungan lokal mereka dan menangani masalah yang menjadi perhatian mereka. Selama dekade terakhir, ada ledakan proyek sains warga sebagai alat yang telah maju dan

orang-orang menjadi lebih diberdayakan. Proyek-proyek ini telah sangat berhasil dalam memperluas pengetahuan ilmiah, meningkatkan kesadaran masyarakat tentang lingkungan mereka dan meningkatkan perubahan. USEPA mendorong sukarelawan untuk bekerja dengan kelompok-kelompok masyarakat lokal, antara lain di proyek pengambilan sampel udara, dengan keterampilan apa pun yang dapat mereka berikan (USEPA 2014).

Misalnya *Ironbound Community Corporation* mengerahkan sensor udara untuk sukarelawan komunitas untuk mengumpulkan data dan kemudian menggunakan hasilnya. Data kualitas udara yang dikumpulkan dari sensor bermanfaat bagi komunitas Ironbound dengan memungkinkan penghuni untuk menyelidiki dan mempelajari tentang polusi yang menjadi perhatian, meningkatkan kesadaran masyarakat akan masalah kualitas udara, dan menyediakan data yang diperlukan untuk mengadvokasi peningkatan kualitas udara (National Advisory Council for Environmental Policy and Technology (NACEPT) 2018).

3.3 Sains Warga di Pengadilan

Di AS ilmu pengetahuan warga telah menjadi alat yang semakin penting di segmen tertentu dari komunitas hukum dan kebijakan. Namun, masih belum jelas apakah sains warga bisa diterima di pengadilan. Mungkin penggunaan terbaik sains warga di masa depan adalah dalam proyek-proyek yang menginformasikan peraturan dan mengidentifikasi masalah kepatuhan hukum. Pemahaman lebih lanjut tentang batasan seputar penggunaan data sains warga sangat penting untuk memastikan bahwa hal tersebut dapat berkontribusi secara efektif untuk pengambilan keputusan hukum. Sains warga mungkin bukan obat mujarab tanpa perhatian besar pada desain proyek untuk memastikan standar kualitas data hukum terpenuhi (Brett 2017).

Harvard Environmental Law and Policy Clinic menerbitkan manual yang bertujuan untuk memberdayakan individu dalam peran mereka sebagai ilmuwan warga dan untuk mempromosikan praktik ilmu warga berbasis komunitas sebagai kendaraan untuk keadilan lingkungan. USEPA telah mendefinisikan keadilan lingkungan sebagai “perlakuan adil dan keterlibatan bermakna semua orang ... sehubungan dengan pengembangan, implementasi, dan penegakan hukum, peraturan, dan kebijakan lingkungan.” Manual

ini menguraikan saran praktis untuk bagaimana merancang dan melaksanakan proyek sains warga. Manual ini juga berisi tinjauan umum hukum dan peraturan yang relevan, serta saran teknis mengenai pengumpulan data, analisis, dan kepatuhan terhadap standar ilmiah dan kualitas yang relevan (Harvard Environmental Law and Policy Clinic 2019).

3.4 Sains Warga dan Pengaduan Masyarakat

Salah satu tugas dan wewenang pemerintah menurut UUPPLH 32/2009 adalah mengembangkan dan melaksanakan kebijakan pengelolaan pengaduan masyarakat. Setiap orang berhak melakukan pengaduan akibat dugaan pencemaran dan/atau perusakan lingkungan hidup. Masyarakat memiliki hak dan kesempatan yang sama dan seluas-luasnya untuk berperan aktif dalam perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup di mana salah satu bentuk peran serta masyarakat adalah melakukan pengaduan (Republik Indonesia 2009).

Objek pengaduan menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.22/Menlhk/Setjen/Set.1/3/2017 tentang Tata Cara Pengelolaan Pengaduan Dugaan Pencemaran dan/atau Perusakan Lingkungan Hidup dan/atau Perusakan Hutan meliputi perencanaan, pelaksanaan dan/atau pasca pelaksanaan usaha dan/atau kegiatan yang berpotensi dan/atau menimbulkan dampak terhadap lingkungan hidup dan/atau kehutanan. Objek pengaduan terdiri atas: a. usaha dan/atau kegiatan yang tidak memiliki atau tidak sesuai dengan izin di bidang lingkungan hidup dan/atau kehutanan; b. pencemaran dan/atau perusakan lingkungan hidup; c. perusakan hutan; d. pengelolaan limbah Berbahaya dan Beracun (B3) yang tidak sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan; e. pembalakan liar; f. pembakaran hutan dan lahan; g. perambahan kawasan hutan; h. perburuan, peredaran, dan perdagangan tumbuhan dan satwa liar ilegal; i. konflik tenurial kawasan hutan; j. pemanfaatan sumber daya genetik dan pengetahuan tradisional; dan/atau k. usaha dan/atau kegiatan lainnya yang bertentangan dengan ketentuan peraturan perundang-undangan di bidang lingkungan hidup, kehutanan, atau konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2017).

Sains warga dapat berperan penting dalam pengaduan masyarakat untuk kemudian diverifikasi oleh instansi yang berwenang. Verifikasi pengaduan adalah kegiatan untuk memeriksa kebenaran pengaduan dan ketaatan penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan terhadap peraturan perundang-undangan di bidang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup dan kehutanan (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2017).

Masyarakat diberikan kebebasan dalam berperan aktif melakukan pengaduan kerusakan lingkungan hidup. Hingga 31 Desember 2019, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) di tahun 2019 menerima laporan pengaduan masyarakat sebanyak 1456 laporan dengan tindak lanjut laporan masyarakat sebanyak 1104 laporan, terkait tindak lanjut ke internal KLHK sebanyak 910 laporan dan instansi lain sebanyak 194 laporan (KLHK 2020).

Berdasarkan informasi dari literatur dan praktik, menurut Liu dan Kobernus (2016) dapat dilihat bahwa selama tahun-tahun terakhir, pembuat kebijakan mulai menghargai pendekatan sains warga sebagai alat penting dalam proses pengambilan keputusan mereka. Fakta bahwa masalah yang berkaitan dengan lingkungan dan kesehatan biasanya kompleks dan tidak pasti memerlukan perubahan paradigma dalam metode ini. Mengintegrasikan pengetahuan dan pengalaman berbagai kelompok warga dan pemangku kepentingan lainnya akan membantu pihak berwenang dalam proses pengambilan keputusan mereka. Sains warga memainkan peran positif dalam kelestarian lingkungan. Tinjauan proyek sains warga yang relevan menunjukkan bahwa keterlibatan relawan menawarkan nilai tinggi untuk penelitian, kebijakan, dan praktik (Liu dan Kobernus 2016).

Sains warga mirip dengan proses demokrasi, bersifat inklusif dan kolektif di mana kekuatannya terletak dalam kebersamaan. Sains bukan hanya untuk ilmuwan namun semua orang bisa terlibat. Dengan bantuan teknologi informasi dan komunikasi yang ada seperti smartphone, hal tersebut dapat dilakukan. Kekuatan ini dapat digunakan untuk mendapatkan pengetahuan bersama untuk kehidupan yang lebih baik (Caren Cooper 2017).

Nilai ilmiah dari sains warga bergantung pada kualitas data yang dikumpulkan dan bagaimana data ini digunakan. Sebagai contoh,

data pemantauan burung yang berkualitas rendah, jika digunakan secara luas, dapat memberikan kesan yang salah tentang tren populasi, sedangkan data berkualitas tinggi, jika jarang digunakan, mungkin merupakan peluang yang sia-sia untuk memahami populasi burung, migrasi dan kesehatan ekosistem secara lebih luas (Science Communication Unit, University of the West of England 2013).

Untuk beberapa proyek sains warga, kualitas data ilmiah mungkin tidak menjadi prioritas. Manfaat pendidikan dan peningkatan kesadaran juga merupakan tujuan bersama, meskipun perbedaan antara hasil ilmiah dan lainnya tidak selalu dibuat secara eksplisit. Dalam inisiatif yang dipimpin warga, tujuannya mungkin terkait dengan penyelesaian perencanaan lokal atau masalah lingkungan, dan data ilmiah dapat diambil dari berbagai sumber yang berbeda (Science Communication Unit, University of the West of England 2013).

Salah satu hambatan untuk penggunaan informasi yang dihasilkan melalui sains warga adalah persepsi bahwa kualitas penelitian yang dilakukan oleh warga tidak sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh para ilmuwan. Namun, sementara kualitas data mungkin bervariasi karena perbedaan dalam keterampilan dan keahlian dari masing-masing peserta, warga tentu saja dapat mencapai tingkat keakuratan ilmiah yang sama karena akses informasi dan pelatihan yang tepat. Selain itu, warga negara dapat membantu mendefinisikan dan menjawab pertanyaan penelitian - melalui inisiatif yang dipimpin ilmuwan atau warga - yang mungkin lebih relevan dengan lingkungan dan masyarakat setempat (Science Communication Unit, University of the West of England 2013).

Melalui penelitian yang digerakkan oleh masyarakat dan gerakan keadilan lingkungan, masyarakat dapat menciptakan peluang untuk memengaruhi pembuatan kebijakan lokal dan dengan demikian meningkatkan kesehatan masyarakat, kualitas hidup, kohesi sosial, dan kesadaran akan isu dan jaringan lokal (Science Communication Unit, University of the West of England 2013).

Sulit untuk memberikan bukti untuk pengaruh sains warga pada pembuatan kebijakan lingkungan, terutama karena di Eropa setidaknya, banyak inisiatif yang menekankan bentuk demokrasi partisipatif berada pada tahap awal. Contoh-contoh tidak resmi seperti kasus keadilan lingkungan, yang sering dipusatkan

pada isu-isu lingkungan lokal, kurang didefinisikan dengan baik sebagai sains warga dan tidak selalu dikutip dalam literatur akademik. Namun, mereka menunjukkan apa yang bisa dicapai oleh warga ketika dimotivasi oleh ancaman lingkungan lokal. Ketika situasi seperti itu muncul secara spontan, mungkin bermanfaat bagi pihak yang berwenang untuk mempertimbangkan bagaimana mereka dapat bekerja sama dengan ilmuwan warga untuk mengatasi masalah lingkungan setempat ketika hal tersebut muncul (Science Communication Unit, University of the West of England 2013).

Sains warga seharusnya tidak dipandang sebagai pilihan yang mudah oleh organisasi. Sains warga semestinya dipandang sebagai alat yang ketika digunakan secara efektif, dapat memberikan manfaat besar bagi sains dan peserta penelitian yang terlibat (Roy dkk. 2012).

4 PENUTUP

Sains warga sebagai pengumpulan dan analisis data yang berkaitan dengan lingkungan hidup oleh anggota masyarakat umum berkolaborasi dengan ilmuwan profesional memiliki peranan potensial dalam pengelolaan lingkungan hidup. Sains warga dapat berperan dalam upaya konservasi, pengambilan keputusan lokal, pemantauan lingkungan, dan penegakan hukum serta mewujudkan keadilan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bonney, Rick, Caren B. Cooper, Janis Dickinson, Steve Kelling, Tina Phillips, Kenneth V. Rosenberg, dan Jennifer Shirk. 2009. "Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy." *BioScience* 59 (11): 977–84. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>.
- Brett, Annie E. 2017. "Putting the Public on Trial: Can Citizen Science Data be Used in Litigation and Regulation?" *Vill. Envtl. L.J.* 28.
- Caren Cooper. 2017. *Citizen Science: Everybody Counts* | Caren Cooper | TEDxGreensboro. <https://www.youtube.com/watch?v=G7cQHSqfSzI>.
- Compas, Eric D., dan Suzanne Wade. 2018. "Testing the Waters: A Demonstration

- of a Novel Water Quality Mapping System for Citizen Science Groups.” *Citizen Science: Theory and Practice* 3 (2): 6. <https://doi.org/10.5334/cstp.124>.
- Gura, Trisha. 2013. “Citizen science: Amateur experts.” *Nature* 496 (7444): 259–61. <https://doi.org/10.1038/nj7444-259a>.
- Haklay, Muki. 2013. “Citizen Science and Volunteered Geographic Information: Overview and Typology of Participation.” Dalam *Volunteered Geographic Information, Public Participation and Crowdsourced Production of Geographic Knowledge*, 105–22. Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2_7.
- Harvard Environmental Law and Policy Clinic. 2019. *A Manual for Citizen Scientists Starting or Participating in Data Collection and Environmental Monitoring Projects*. Harvard Environmental Law and Policy Clinic.
- Hecker, Susanne, Muki Haklay, anne bowser, Zen Makuch, Johannes Vogel, Aletta Bonn, dan Margaret Gold, ed. 2018. *Citizen Science: Innovation in Open Science, Society and Policy*. London: UCL Press. <https://doi.org/10.14324/111.9781787352339>.
- iNaturalist. 2020a. “About · INaturalist.” INaturalist. 2020. <https://www.inaturalist.org/pages/about>.
- . 2020b. “Observations · INaturalist.” INaturalist. 14 April 2020. <https://www.inaturalist.org/observations>.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2017. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.22/MENLHK/SETJEN/SET.1/3/2017 tentang Tata Cara Pengelolaan Pengaduan Dugaan Pencemaran dan/atau Perusakan Lingkungan Hidup dan/atau Perusakan Hutan*.
- KLHK. 2020. “Pengaduan Lingkungan Hidup.” 2020. <http://pengaduan.menlhk.go.id/site/statistik>.
- Liu, Hai-Ying, dan Mike Kobernus. 2016. “Citizen science and its role in sustainable development: status, trends, issues, and opportunities.” Dalam *Analyzing the role of citizen science in modern research. (Advances in knowledge acquisition, transfer, and management)*, 147–67. Hershey: IGI-Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-0962-2>.
- McKinley, Duncan C., Abe J. Miller-Rushing, Heidi L. Ballard, Rick Bonney, Hutch Brown, Susan C. Cook-Patton, Daniel M. Evans, dkk. 2017. “Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection.” *The role of citizen science in biological conservation* 208 (April): 15–28. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.015>.
- National Advisory Council for Environmental Policy and Technology (NACEPT). 2018. *Information to Action Strengthening EPA Citizen Science Partnerships for Environmental Protection*. Washington: EPA.
- Republik Indonesia. 2009. *Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lembaran Negara Tahun 2009 Nomor 140, Tambahan Lembaran Negara Nomor 5059*.
- . 2019. *Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2019 Tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*.
- Roy, Helen, Michael Pocock, C.D. Preston, D.B. Roy, Joanna Savage, dan J.C. Tweddle. 2012. “Understanding citizen science & and environmental monitoring.” *Final Report on Behalf of UK-EOF*, Januari. <https://doi.org/10.1002/9781118360989.ch6>.
- Science Communication Unit, University of the West of England. 2013. “Science for Environment Policy Indepth Report: Environmental Citizen Science.” Report produced for the European Commission DG Environment. Bristol: Science Communication Unit, University of the West of England. https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/IR9_en.pdf.
- Turrini, Tabea, Daniel Dörler, Anett Richter, Florian Heigl, dan Aletta Bonn. 2018. “The threefold potential of

- environmental citizen science - Generating knowledge, creating learning opportunities and enabling civic participation.” *Biological Conservation* 225 (September): 176–86.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.03.024>.
- UN Environment, ed. 2019. *Global Environment Outlook – GEO-6: Healthy Planet, Healthy People*. Cambridge: Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/9781108627146>.
- USEPA. 2014. *Urban Citizen Scientists Conducting Air Monitoring*.
<https://www.youtube.com/watch?v=9LXw2bMnBKQ>.
- WWF. 2017. *Pariwisata Hiu dan Pari yang Bertanggung Jawab: Pedoman Praktik Terbaik*. Gland: WWF.
- Yuda, Pramana. 2017. “Pendekatan Citizen Science untuk Meningkatkan Penelitian dan Konservasi Burung di Indonesia.” Dalam *Konferensi Pemerhati dan Peneliti Burung Indonesia III*, Universitas Udayana. Denpasar.