TEKNOLOGI
HUTAN YANG
DIPIMPIN OLEH
MASYARAKAT:
SEBUAH LAPORAN
AKHIR SMART
FORESTS

TEKNOLOGI HUTAN YANG DIPIMPIN OLEH MASYARAKAT: SEBUAH LAPORAN AKHIR SMART FORESTS

Phoebe Hamilton-Jones, Jennifer Gabrys, Michelle Westerlaken, Yuti Ariani Fatimah, Trishant Simlai, dan Noel Chung

Smart Forests

DAFTAR ISI

1 Ringkasan 6

2 Pendahuluan: Teknologi hutan yang dipimpin oleh masyarakat 9

3 Temuan-temuan utama: Memastikan dunia hutan yang adil dan berkembang 14

4 Apa yang kami baca: Masyarakat, teknologi, dan lingkungan 21

5 Bagaimana kami melakukan penelitian 30

6 Memindai inisiatif teknologi hutan yang dipimpin oleh masyarakat 38

7 Lima cerita: Studi kasus Smart Forests 50

8 Proposal untuk teknologi kehutanan 98

9 Kesimpulan 110

10 Ucapan terima kasih 116

11 Referensi dan sumber daya 118

1 Ringkasan

Teknologi digital 'cerdas' semakin banyak digunakan untuk mengelola, memantau, dan mengubah lingkungan hutan secara global. Teknologisasi ini terjadi dalam konteks ketika hutan dipandang sebagai alat untuk memenuhi target lingkungan (yaitu target karbon dan keanekaragaman hayati) dan menyediakan jasa ekosistem lainnya. Proyek penelitian *Smart Forests ("Hutan Cerdas")* mempelajari bagaimana teknologi yang muncul seperti kamera jebak, eko-akustik, GPS, dan sensor jarak jauh berkembang, dan apa dampak sosial-politiknya. Kami menelaah literatur terkait dan bertanya bagaimana teknologi digunakan oleh, dengan dan untuk melawan masyarakat hutan. Kami kemudian mengumpulkan lima kisah keterlibatan komunitas dengan teknologi hutan dari penelitian studi kasus kami di Chili, Indonesia, Belanda, India, dan Scoktlandia. Temuan kami menunjukkan bahwa teknologi hutan cerdas sedang mengubah cara masyarakat berinteraksi dengan hutan serta mata pencaharian mereka; berkontribusi pada ketidakmerataan distribusi sumber daya; mengubah tata kelola hutan; mengubah dinamika kekuasaan di antara komunitas, pemerintah daerah, dan perusahaan teknologi; sekaligus memfasilitasi terbentuknya jaringan hutan.

Temuan-temuan ini mendorong kami untuk mengusulkan strategi guna memastikan beragam pendekatan yang dipimpin oleh masyarakat terhadap teknologi kehutanan dapat dirancang, diimplementasikan, dan didukung secara efektif. Kami berusaha untuk memungkinkan masyarakat, publik, pembuat kebijakan, industri dan LSM untuk lebih memahami dampak sosial-politik dari teknologi kehutanan sebagai pengguna, regulator, penyandang dana, dan pengembang perangkat dan infrastruktur ini. Kami berharap penelitian ini dapat berkontribusi dalam menciptakan dunia hutan yang adil dan berkembang di tengah perubahan planet yang sangat cepat.

Film *Smart Forests* yang menunjukkan kamera jebakan di kawasan konservasi Bosque Pehuén. La Araucanía, Chili. Mind the Film dengan Smart Forests, 2025.

2 Pendahuluan: Teknologi hutan yang dipimpin oleh masyarakat

Lihat dan dengarkan baik-baik: hutan telah menjadi tempat berkumpulnya teknologi digital. Drone berdengung di atas kanopi, satelit mengirimkan gambar-gambar kasar tutupan pohon, robot-robot menjelajahi bumi untuk menanam, sensor-sensor menyetel ke bawah tanah hutan, perangkap kamera merekam pantulan mata, panas tubuh yang bergerak di malam hari.

Teknologi hutan 'cerdas' telah mulai berkembang, muncul dalam konteks yang lebih luas yaitu teknologi iklim, teknologi alam dan ekosistem digital. Namun, tidak seperti istilah yang lebih dikenal, 'kota cerdas', di mana solusi digital digunakan untuk meningkatkan atau menggantikan jaringan dan layanan perkotaan tradisional, konsep ‘hutan cerdas' masih dalam mencari bentuk.

Melintasi ruang kebijakan, industri, publik, dan akademis, istilah 'cerdas' dan 'hutan' dapat bersifat cair, jamak, dan multivalen. Dalam penelitian kami, kami merangkul kemajemukan ini dengan mengikuti istilah-istilah tersebut melalui penggunaan dan praktik yang mereka lakukan, alih-alih menawarkan definisi tunggal. Dengan , kami merujuk secara luas pada berbagai teknologi dan infrastruktur digital yang saat

ini mengelola, memantau, berjejaring, dan membangun kembali hutan dalam upaya mengoptimalkan hutan sebagai sumber daya, mendeteksi perubahan lingkungan, dan mengintervensi lokasi-lokasi yang mengalami kerusakan hutan.

Hutan cerdas dapat ditemukan di berbagai lokasi di seluruh dunia, mulai dari daerah terpencil hingga perkotaan. Namun, terlepas dari semakin berkembangnya teknologi hutan cerdas, masih sangat sedikit yang terlibat dalam implikasi sosial-politik dari perangkat ini. Jauh dari sekadar operator yang netral di ruang lingkungan, teknologi ini dapat memiliki dampak sosial-politik yang luas. Pertanyaan utama kami adalah bagaimana dampak-dampak tersebut bisa terjadi:

- Bagaimana teknologi hutan cerdas mengubah praktik pemantauan, pengelolaan, dan tata kelola lingkungan?
- Apa saja konsekuensi sosial-politik dari lingkungan hutan yang cerdas, terutama bagi masyarakat yang terlibat dengan hutan untuk mata pencaharian, konservasi dan regenerasi, serta rekreasi?
- Bagaimana praktik dan hubungan kehutanan yang (lebih) adil dapat dikembangkan dan dipertahankan melalui teknologi kehutanan yang dipimpin oleh masyarakat?

Penelitian kami dengan masyarakat menanyakan bagaimana teknologi hutan cerdas berdampak pada dinamika masyarakat, keterlibatan dan mata pencaharian di hutan, serta interaksi dengan aktor negara dan industri.

Seperti halnya istilah 'cerdas' dan 'hutan', kami menggunakan pengertian yang luas tentang masyarakat/komunitas. Meskipun komunitas dapat bersifat lokal dan terbatas dalam hal ruang dan tempat, komunitas juga dapat bersifat digital, tersebar secara geografis, dan memilih sendiri. Komunitas dapat melintasi skala tata kelola atau menggabungkan lebih dari sekadar entitas manusia. Komunitas dapat dibentuk melalui proyek partisipatif atau dalam rangka penerapan teknologi. Komunitas dapat bersifat sesaat, episodik, atau abadi.

Laporan akhir ini bertujuan agar masyarakat, publik, pembuat kebijakan, industri, dan LSM dapat lebih memahami dampak sosial-politik sebagai pengguna, regulator, penyandang dana, dan pengembang teknologi hutan cerdas. Setelah membiasakan pembaca dengan bagaimana hutan menjadi lingkungan digital, kami mengedepankan bagaimana beragam komunitas terlibat dan terdampak oleh teknologi hutan dan perubahan praktik tata kelola. Melalui penelitian ini, kami juga mempertimbangkan bagaimana teknologi digital hanyalah salah satu jenis teknologi yang telah atau dapat dimobilisasi di lingkungan hutan, karena teknologi leluhur, analog, dan ekologi juga memiliki kemungkinan untuk digunakan di hutan. Laporan ini mendokumentasikan dan menganalisis bagaimana teknologi hutan cerdas digunakan di lima lokasi studi kasus di Chili, India, Indonesia, Belanda, dan Scoktlandia. Pada Februari 2025, laporan ini diterbitkan dalam bentuk sementara berdasarkan lima studi kasus pertama kami untuk memicu diskusi di kalangan masyarakat, pembuat kebijakan, pakar teknologi, dan peneliti, serta untuk memfasilitasi umpan balik berulang guna membentuk dan memperkaya temuan akhir. Kami menyelenggarakan lokakarya pemangku kepentingan dan melaksanakan studi kasus terakhir kami, di mana temuan-temuan tersebut menjadi bagian dari laporan yang telah diperbarui ini.

Dalam dua dekade terakhir, telah terjadi peningkatan intervensi kebijakan untuk memenuhi target lingkungan melalui pengelolaan hutan dan reboisasi massal. Sebagai kontributor penting bagi keanekaragaman hayati, air, udara dan siklus karbon, hutan dimobilisasi sebagai ekosistem utama untuk aksi lingkungan. Meskipun target-target telah merosot pada periode ini, dengan tidak ada satupun dari Target Aichi (2011-2020) yang tercapai sepenuhnya di tingkat global dan kegagalan untuk memenuhi target awal Deklarasi New York tentang Hutan (2014), intervensi dan janji kebijakan internasional tetap ada. Pada tahun 2019, muncul proposal untuk merestorasi 350 juta hektar lahan terdegradasi sebagai bagian dari dekade restorasi ekosistem PBB; dan pada tahun 2021, kesepakatan untuk menghentikan deforestasi ilegal pada tahun 2030 dimasukkan ke dalam Deklarasi Hutan Glasgow (COP26), yang mengesahkan Deklarasi Hutan New York.

Untuk memenuhi dan memvalidasi target lingkungan seperti ini, teknologi digital yang memantau dan mengelola hutan semakin banyak digunakan oleh para pelaku di sektor publik dan swasta. Perusahaan teknologi dan peneliti berfokus pada pengembangan solusi digital untuk masalah lingkungan, termasuk penginderaan jarak jauh dan pengumpulan data 'AI for Earth' atau pengembangan 'Internet of Trees' untuk pengelolaan hutan melalui sensor. Teknologi digital dapat melacak aktivitas penebangan, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, memetakan jaringan hutan kota, memantau penyerapan karbon, dan menilai kesehatan dan penyakit hutan. Kembaran digital hutan, atau representasi virtual dari sistem hutan secara fisik, sedang dikembangkan untuk memprediksi perubahan struktur hutan dan membuat model skenario di masa depan. Meningkatnya kebakaran hutan di seluruh dunia juga telah mendorong penggunaan jaringan sensor nirkabel, drone, dan pembelajaran mesin untuk mendeteksi dan memadamkan kebakaran saat terjadi secara langsung.

Tujuan kami dalam penelitian ini bukan hanya untuk mengadvokasi atau mengkritik hutan cerdas. Sebaliknya, kami menguraikan bagaimana hutan cerdas dibentuk untuk menciptakan dunia yang lebih layak huni, dan melalui cara-cara apa. Tujuan utama laporan ini adalah untuk mendokumentasikan dan mengusulkan beragam strategi untuk memastikan keragaman pendekatan berbasis masyarakat terhadap teknologi kehutanan dapat dirancang, diimplementasikan, dan didukung secara efektif. Pada bagian selanjutnya, kami menyoroti pertanyaan dan temuan utama, menempatkan kontribusi kami dalam menyejajarkan penelitian dan kebijakan, dan kemudian menelusuri penelitian yang kami lakukan, termasuk menceritakan lima kisah dari studi kasus hutan di India, Chili, Indonesia, Belanda, dan Scoktlandia. Berdasarkan keterlibatan dengan masyarakat hutan, penduduk, dan pekerja, kami menyoroti bagaimana dampak sosial-politik dari teknologi kehutanan dapat diatasi dan mempertimbangkan bagaimana masyarakat dapat bekerja dengan teknologi ini untuk menciptakan lingkungan hutan yang berkembang dan adil.

Film *Smart Forests* yang menampilkan ecovillage Ecodorp Boekel. Belanda. Mind the Film dengan Smart Forests, 2025.

3 Temuan-temuan utama: Memastikan dunia hutan yang adil dan berkembang

1) Teknologi hutan cerdas mengubah interaksi hutan dan mata pencaharian

Penelitian kami menemukan bahwa teknologi hutan cerdas dapat memengaruhi cara masyarakat terlibat dengan hutan untuk mata pencaharian, mengubah dan mempercepat pemahaman tentang hutan sebagai sumber daya yang dapat diekstraksi.

Sebagai contoh, alat observasi jarak jauh dapat memungkinkan masyarakat untuk memantau deforestasi untuk menghasilkan uang dari karbon. Pada saat yang sama, alat-alat ini dapat menghasilkan pandangan dominan mengenai apa itu hutan dan bagaimana hutan seharusnya diidentifikasi dan dinilai. Cara pandang dan penginderaan yang berbeda dari teknologi hutan cerdas dapat mengaburkan pemahaman masyarakat lokal dan masyarakat adat mengenai proses-proses hutan jika tidak dirancang dan digunakan dengan hati-hati.

Demikian juga, teknologi yang memantau spesies, seperti aplikasi ID spesies, dapat meningkatkan pengetahuan tentang spesies hutan dan peluang kerja untuk melestarikan spesies ikonik. Namun, hal ini juga dapat menyebabkan terabaikannya organisme yang kurang karismatik.

Pada saat yang sama, teknologi pemantauan spesies tersebut dapat mendorong prioritas spesies yang paling mudah diamati, sementara mengabaikan hubungan ekologis yang kurang terdeteksi yang dapat menjadi vital bagi kelangsungan hidup komunitas hutan. Dengan kata lain, teknologi digital cenderung memusatkan perhatian pada hal-hal yang dapat diukur dan dipantau, seringkali demi keuntungan ekonomi, yang berpotensi merendahkan nilai hubungan budaya dan pengalaman dengan hutan.

2) Teknologi hutan cerdas tidak terdistribusi secara merata dan sumber daya sering kali langka

Kesenjangan akses terhadap teknologi hutan cerdas, baik di dalam maupun di antara masyarakat, dapat menyebabkan ketimpangan kekuasaan dan akses informasi. Kesenjangan tersebut juga dapat diperparah oleh sumber daya yang langka dalam hal pendanaan, personil, dan pengetahuan untuk mendapatkan, menerapkan, dan menggunakan teknologi digital dalam kondisi yang sering kali sudah terbatas.

Distribusi teknologi dan sumber daya yang tidak merata terjadi di banyak komunitas hutan. Penelitian kami menemukan bahwa di beberapa komunitas, teknologi hutan cerdas mungkin lebih sering digunakan oleh orang-orang yang berasal dari generasi, jenis kelamin, dan latar belakang pendidikan tertentu. Distribusi teknologi yang tidak merata ini dapat mengganggu, membentuk kembali, atau memperkuat dinamika kekuatan masyarakat yang sudah ada di seluruh lini.

Teknologi hutan cerdas mungkin juga tidak terdistribusi secara merata *di antara* masyarakat. Beberapa masyarakat hutan lebih mungkin menerima dukungan teknologi hutan cerdas dari sumber-sumber swasta dan publik. Masyarakat mungkin lebih mungkin tertarik dengan teknologi hutan cerdas jika mereka mendiami 'hutan ikonik' (istilah yang digunakan oleh organisasi Climate Outreach untuk menggambarkan hutan seperti Amazon yang telah menjadi 'ikon

global' karena liputan media yang signifikan). Demikian pula, masyarakat mungkin lebih mungkin menerima teknologi hutan cerdas jika mereka lebih siap untuk menarik pendanaan (misalnya, karena bahasa, keterampilan atau personil yang berdedikasi). Perbedaan dukungan dan pendanaan ini dapat menyebabkan siklus yang terus berlanjut yang semakin mengucilkan masyarakat yang kurang terhubung dan memperdalam ketidaksetaraan.

Distribusi teknologi dan sumber daya kepada masyarakat tertentu dapat menimbulkan konsekuensi yang merugikan bagi masyarakat lainnya. Sebagai contoh, seorang narasumber yang bekerja di sebuah organisasi lingkungan, ilmu pengetahuan, dan teknologi di Brasil menjelaskan bagaimana, ketika hanya beberapa komunitas hutan tertentu yang diberikan alat dan bantuan untuk mengidentifikasi dan memantau deforestasi ilegal, kegiatan penebangan ilegal dapat berpindah ke wilayah hutan di sekitarnya di mana komunitas lain tidak dapat mengakses teknologi dan sumber daya yang sama. Meskipun teknologi kehutanan dapat memberdayakan sebagian masyarakat, teknologi tersebut juga dapat melemahkan dan merugikan kelompok lain yang terpinggirkan atau terdampak oleh penggunaannya.

Film *Smart Forests* yang menunjukkan penggunaan drone di lingkungan hutan. Cambridge, Inggris. Mind the Film dengan Smart Forests, 2025.

3) Teknologi hutan cerdas mengubah tata kelola hutan

Karena perusahaan multinasional sering kali merancang, mengembangkan, dan mengendalikan teknologi dan jaringan, hutan cerdas juga menyebabkan pergeseran dalam beberapa aspek tata kelola lingkungan, menjauh dari tokoh masyarakat atau aktor pemerintah dan beralih ke perusahaan rintisan (startup) dan sektor teknologi, termasuk "teknologi besar". Bersamaan dengan itu, pasar karbon dan keanekaragaman hayati yang terus berkembang telah mendorong peningkatan minat dan keterlibatan sektor swasta dalam memantau jasa ekosistem di hutan. Oleh karena itu, pemerintah dan masyarakat di seluruh dunia menjadi semakin bergantung pada teknologi yang dimiliki dan dioperasikan oleh perusahaan swasta. Selain itu, fitur komputasi yang semakin kompleks dari teknologi hutan cerdas menyulitkan beberapa orang yang bukan ahli untuk menggunakannya.

Sebuah contoh pergeseran tata kelola dapat dilihat ketika Perusahaan Kehutanan Nasional Chili, Conaf, menggunakan WhatsApp untuk mengoordinasikan bantuan darurat dan mengeluarkan peringatan kebakaran kepada penduduk. Dinamika kekuasaan dan sumber daya berperan ketika pemerintah bergantung pada perusahaan swasta untuk membangun dan memberikan akses ke infrastruktur digital. Demikian pula, layanan publik dan darurat dapat menjadi bergantung pada infrastruktur teknologi swasta yang mungkin tidak memiliki peraturan untuk memastikan aksesibilitas dan keberlangsungannya selama peristiwa-peristiwa kritis.

4) Teknologi hutan cerdas mengubah dinamika kekuasaan antara masyarakat, negara, dan perusahaan teknologi

Baik aktor negara maupun perusahaan teknologi dapat menggunakan teknologi hutan cerdas untuk meningkatkan pengamatan, pendataan, regulasi dan transformasi tidak hanya pada lingkungan hutan, tetapi

juga pada masyarakat hutan. Sebagai contoh, penelitian kami menemukan bahwa beberapa aktor negara dan perusahaan teknologi menggunakan teknologi hutan cerdas untuk mengawasi populasi hutan. Peran perusahaan teknologi dan aktor negara dalam teknologi hutan cerdas menimbulkan pertanyaan lebih lanjut mengenai kepemilikan data, perlindungan data, dan pengambilan data.

Teknologi hutan cerdas juga dapat mengganggu dinamika kekuasaan tradisional, memungkinkan masyarakat untuk mendokumentasikan dan berbagi penyalahgunaan kekuasaan dan membangkitkan gerakan solidaritas. Sebagai contoh, teknologi hutan cerdas dapat memungkinkan masyarakat hutan untuk menggunakan perangkat geospasial untuk memetakan lahan mereka dan menuntut hak atas tanah mereka kepada negara. Namun, bentuk-bentuk bukti ini dapat diakui secara tidak merata, tergantung pada masyarakat yang menyajikan bukti atau membuat klaim. Keterlibatan masyarakat dalam pengembangan, penerapan, dan pemanfaatan berkelanjutan teknologi kehutanan berpotensi berkontribusi pada pemanfaatan perangkat dan infrastruktur tersebut secara lebih adil, efektif, dan berkelanjutan.

5) Teknologi hutan cerdas dapat memperkuat dan mengaktifkan jaringan hutan

Teknologi hutan cerdas juga dapat menghasilkan dan memperkuat jaringan hutan, menghubungkan masyarakat di luar batas-batas geografis mereka dan memfasilitasi berbagi pengetahuan.

Teknologi digital dapat menghasilkan jaringan komunitas yang dinamis, interdisipliner, dan luas yang melintasi berbagai institusi dan skala pemerintahan, menghubungkan penduduk perkotaan dan pedesaan, serta mengambil bagian dalam percakapan internasional. Menguatnya jejaring hutan dapat dilihat dari berbagi sumber daya hutan pendidikan secara digital, gerakan solidaritas untuk masyarakat adat dan lokal yang melindungi hutan hujan dari deforestasi (seperti dukungan internasional bagi masyarakat Karipuna) dan keterlibatan

ilmuwan warga kota dalam komunitas digital ketika mereka memantau perangkap kamera di hutan dari jauh (seperti yang terlihat di Mammal Web). Masyarakat juga dapat menggunakan jaringan digital untuk berbagi pengetahuan mengenai cara terbaik untuk membentuk dan memobilisasi masyarakat dan sumber daya untuk mengatasi kebakaran hutan atau peristiwa hutan yang mengganggu lainnya.

Jejaring hutan yang difasilitasi secara digital ini dapat memperluas sekaligus memperumit pengertian masyarakat. Pada saat yang sama, terdapat risiko bahwa masyarakat dan pemerintah dapat menjadi tergantung pada aplikasi dan platform yang dimiliki oleh pihak lain yang tidak dapat mereka kendalikan atau masukan. Jaringan digital ini juga menimbulkan pertanyaan mengenai komunitas mana yang memiliki waktu dan sumber daya untuk membina hubungan di luar batas-batas geografis mereka.

Film *Smart Forests* karya peserta Sekolah Lapang. Bujang Raba, Indonesia. Mind the Film dengan Smart Forest, 2025.

Film *Rainforest Regeneration in Scotland* yang menampilkan pembibitan Hutan Komunitas Arkaig dengan bibit-bibit untuk penanaman restorasi. Mind the Film dengan Smart Forests, 2026.

4 Apa yang kami baca: Masyarakat, teknologi, dan lingkungan

Dalam menyusun laporan ini, kami menganalisis kebijakan dan literatur abu-abu yang relevan dengan interaksi hutan cerdas yang dipimpin oleh masyarakat, yang melengkapi tinjauan literatur akademis yang sedang kami lakukan. Kami mengkaji lebih dari empat puluh makalah kebijakan dan literatur abu-abu, yang mencakup berbagai topik lingkungan, pelibatan sosial, dan teknologi. Makalah-makalah tersebut berkisar dari perangkat yang dapat diakses yang ditargetkan untuk masyarakat atau penyandang dana hingga makalah yang sangat teknis yang ditujukan untuk para pembuat kebijakan, pelaku industri, dan LSM. Istilah pencarian kami meliputi hutan cerdas, masyarakat, karbon, pertanian cerdas, pengamatan bumi, hutan digital, kebakaran hutan, kebakaran hutan, keanekaragaman hayati, dan pemantauan lingkungan. Perlu dicatat bahwa tinjauan makalah ini hanya mewakili sebagian dari literatur abu-abu yang diterbitkan mengenai topik-topik tersebut dan tidak dapat dianggap sepenuhnya komprehensif.

Publikasi-publikasi ini memberikan wawasan yang berguna, terutama dalam merekomendasikan cara-cara inovatif untuk melibatkan masyarakat yang beragam secara merata baik dengan teknologi maupun lingkungan setempat. Kami telah menggunakan prinsip-prinsip ini untuk menginformasikan penelitian kami mengenai

teknologi hutan yang dipimpin oleh masyarakat dan membiarkan prinsip-prinsip tersebut membentuk pertimbangan kebijakan di akhir laporan ini.

Kami juga terinspirasi oleh desain dan konten kreatif yang ditemukan dalam banyak literatur abu-abu. Sebagai contoh, publikasi yang mengajak masyarakat untuk menggunakan alat pemetaan mereka dan berbagi peta ke platform online, atau makalah yang menempatkan media audio dan visual dalam percakapan dengan teks (seperti yang terlihat pada 'Kekuasaan, Ekologi dan Diplomasi dalam Infrastruktur Data Kritis' dari ODI). Laporan kami mengacu pada beberapa praktik yang lebih inovatif ini dengan harapan dapat menarik minat pembaca yang beragam dan mendorong pola pemikiran baru.

Literatur abu-abu secara garis besar mencakup tiga tema:

1. Dampak sosial-politik dari teknologi digital
2. Keterlibatan masyarakat dengan lingkungan
3. Teknologi dan lingkungan

Meskipun makalah-makalah di bidang-bidang ini menawarkan temuan-temuan yang tajam, hanya sedikit yang melakukan triangulasi terhadap ketiga tema tersebut. Mereka yang melakukan hal tersebut berfokus pada satu lokasi, seperti makalah dari Global Systems for Mobile Communications Association tentang 'Teknologi Seluler untuk Pengelolaan Hutan Partisipatif: Perancangan bersama dan pengujian prototipe di Kenya', atau ditargetkan terutama pada masyarakat untuk penggunaan praktis, seperti yang terlihat pada 'Rainforest Tech Primer,' diproduksi oleh The Engine Room dan Rainforest Foundation Norwegia.

Laporan ini, sebagai tanggapan, bertujuan untuk menghubungkan ketiga bidang topik tersebut, yaitu lingkungan hutan, masyarakat, dan dampak sosial-politik teknologi. Laporan ini juga melihat lebih dari sekadar contoh tunggal untuk memadukan wawasan di berbagai lokasi di seluruh dunia dan untuk menyasar khalayak yang lebih luas, yaitu masyarakat lokal, pembuat kebijakan, LSM, pelaku industri, penyandang dana penelitian dan teknologi, jurnalis, akademisi, dan masyarakat luas.

Dampak sosial-politik dari teknologi digital

Dalam tinjauan literatur abu-abu kami, kami membaca makalah yang berkaitan dengan distribusi dan akses teknologi digital. Sebagai contoh, dalam makalah mereka 'Terjangkau, Dapat Diakses, dan Mudah Digunakan: Pendekatan inklusif yang radikal untuk membangun masyarakat digital yang lebih baik', perusahaan sosial Promising Trouble berpendapat bahwa akses digital adalah faktor sosial utama penentu kesehatan. Makalah ini mengusulkan rute untuk memberlakukan inklusi digital yang radikal, seperti menghilangkan hambatan ekonomi terhadap akses digital melalui undang-undang dan menciptakan standar untuk 'inklusif berdasarkan desain', yang juga menawarkan opsi non-digital. Makalah lain mengangkat masalah aksesibilitas teknologi digital bagi orang yang tidak melek huruf (Mapping for Rights). Perlu dicatat bahwa meskipun banyak makalah menggunakan terminologi 'inklusi dan eksklusi digital', kami menggunakan konsep yang lebih pluralistik dan bernuansa 'distribusi dan akses teknologi digital'. Istilah yang lebih terbuka ini mendorong pemahaman yang lebih pluralistik tentang teknologi digital di luar inklusi atau eksklusi dalam modus keterlibatan teknologi yang lebih tunggal.

Topik lain yang tercakup dalam literatur abu-abu adalah desain bersama teknologi oleh masyarakat. Berbagai laporan menunjukkan bahwa alat dan infrastruktur yang dibuat oleh, dengan, dan untuk masyarakat dapat memperkuat masyarakat, meningkatkan dampak organisasi masyarakat, dan mempromosikan sistem teknologi yang beragam dan berkelanjutan. Beberapa makalah menawarkan panduan praktis untuk organisasi yang ingin merancang bersama produk teknologi, seperti makalah Data & Society, 'Mendemokratisasi AI: Prinsip-prinsip untuk Partisipasi Publik yang Bermakna'. Pada saat yang sama, ada kritik terhadap konseptualisasi 'mendemokratisasi AI' karena AI mungkin tidak dapat menerima praktik-praktik demokratisasi karena biaya, konsumsi energi, dan persyaratan teknisnya. Keinginan untuk memberi kode pada produk teknologi menimbulkan pertanyaan tentang komunitas mana yang dikonsultasikan, bagaimana, dan untuk siapa.

Terakhir, dalam tema dampak sosial-politik dari teknologi digital, kami melihat makalah-makalah yang membahas tantangan sosial-politik dan pertaruhan infrastruktur data yang sangat penting, seperti kabel serat optik bawah laut, satelit, dan pusat data. Sebagai contoh, Open Data Institute (ODI) mempertimbangkan bagaimana 'aspek fisik dari internet menunjukkan kerentanannya terhadap isu-isu global seperti perubahan iklim dan struktur geopolitik'. Makalah mereka menekankan ketergantungan sebagian besar masyarakat pada internet yang berfungsi, dinamika kekuatan internasional yang berperan dalam kepemilikan infrastruktur data yang penting, dan risiko ekologi dari infrastruktur ini.

Literatur ini mengembangkan pemahaman kami mengenai implikasi sosial-politik dari infrastruktur digital publik-swasta dan menyoroti distribusi teknologi digital yang tidak merata di dalam dan di antara masyarakat. Literatur ini juga menyadarkan kami akan cara-cara agar masyarakat dapat terlibat lebih baik dalam merancang bersama teknologi hutan cerdas.

Keterlibatan masyarakat dengan lingkungan

Tinjauan kami terhadap literatur abu-abu mengarahkan kami untuk mengevaluasi serangkaian makalah yang mengadvokasi peningkatan keterlibatan masyarakat dalam lingkungan hidup. Literatur ini mencakup topik-topik perlindungan lahan masyarakat, transisi yang adil secara sosial dalam perubahan penggunaan lahan, dan keterlibatan masyarakat dalam isu-isu lingkungan.

Banyak dari makalah-makalah ini disusun sebagai panduan praktis atau perangkat dan ditulis untuk pembaca komunitas. Perangkat seperti 'Panduan Metodologi untuk Pemantauan Partisipatif Masyarakat' dari Community Sentinel disusun secara menarik, dengan ilustrasi dan halaman-halaman yang tidak linier, yang menunjukkan pentingnya narasi dan desain yang kreatif ketika memfasilitasi keterlibatan yang beragam. Panduan Community Sentinel membingkai pemantauan sebagai kerja kolektif yang menghasilkan hubungan interpersonal antara manusia dan alam. Ini mendorong peserta

masyarakat untuk menggunakan indera mereka untuk memperhatikan keanekaragaman hayati, perubahan iklim dan risiko lingkungan, serta lanskap budaya, kegiatan, cerita dan kenangan.

Makalah-makalah lain lebih ditujukan bagi mereka yang ingin melibatkan masyarakat dalam perubahan penggunaan lahan dan lingkungan. Literatur abu-abu ini memberikan petunjuk kepada pembuat kebijakan dan organisasi tentang keterlibatan masyarakat yang bermakna dalam perubahan lingkungan. Metode yang ditawarkan mulai dari melakukan konsultasi berulang untuk mendukung pesan-pesan terpercaya, mengejar kemitraan jangka panjang yang terpercaya, mendelegasikan kekuasaan dan sumber daya secara lokal, dan menciptakan mekanisme tata kelola yang bertingkat. Beberapa laporan juga mengusulkan metode interdisipliner eksperimental, seperti melibatkan masyarakat dalam 'Imajinasi Moral' yang 'berusaha menanamkan tiga pilar ke dalam pengambilan keputusan: alam dan dunia yang lebih besar dari manusia, generasi yang akan datang yang belum lahir, serta nenek moyang dan masa lalu'. Dengan cara yang berbeda namun saling melengkapi, 'Restorasi Bentang Alam yang Berkeadilan Sosial di Dataran Tinggi Skotlandia' dari University of East Anglia mendorong proyek restorasi bentang alam untuk memprioritaskan isu keadilan sosial seperti perampasan dan akses terhadap lahan, layanan dan perumahan. Laporan tersebut menyarankan bahwa regenerasi bentang alam harus mengedepankan mata pencaharian lokal dan nilai-nilai non-ekonomi serta prioritas masyarakat setempat dengan berinvestasi dalam pengaturan pembagian manfaat bagi masyarakat dan mendorong partisipasi yang berarti untuk memperkuat pengaruh masyarakat.

Tinjauan literatur ini mengungkap metode praktis dan kreatif untuk mengedepankan suara masyarakat di lingkungan mereka. Kajian ini juga memperdalam pemahaman kami mengenai bagaimana proyek-proyek lingkungan dapat berdampak pada masyarakat sekitar, baik dari segi mata pencaharian, pembagian manfaat, kesehatan, dan kesejahteraan.

Teknologi dan lingkungan

Dalam tinjauan literatur abu-abu, kami juga membaca banyak makalah yang membahas teknologi dalam lingkungan dan teknologi lingkungan, dengan fokus pada hutan. Makalah-makalah ini sering kali memiliki fokus yang lebih teknis dan akademis. Mulai dari makalah teknis mengenai kehutanan dan pertanian cerdas-iklim, penginderaan jarak jauh untuk manajemen kebakaran hutan, hingga makalah mengenai teknologi untuk mitigasi dan adaptasi iklim. Jalur untuk memenuhi target iklim dan meningkatkan investasi di sektor lingkungan hidup sering kali diusulkan dalam makalah yang membahas tentang perpaduan antara teknologi dan lingkungan hidup. Literatur tersebut mengomentari pesatnya laju inovasi teknologi di bidang kehutanan.

Makalah-makalah lain membahas dampak sosial-politik dari perubahan sifat kehutanan komersial dan transisi energi dalam kaitannya dengan perubahan iklim dan teknologi baru, khususnya dengan lapangan kerja. Makalah-makalah ini umumnya lebih ditujukan kepada para pembuat kebijakan, legislator dan akademisi. Contohnya adalah 'Keselamatan dan kesehatan kerja di masa depan pekerjaan kehutanan', yang ditulis oleh Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-Bangsa (FAO), laporan Organisasi Buruh Internasional (ILO), dan Komisi Ekonomi Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk Eropa (UNECE). Makalah ini memperkirakan pergeseran dalam pekerjaan kehutanan dalam konteks teknologi baru, perubahan iklim dan transformasi demografis, dan mempertimbangkan risiko dan peluang kesehatan dan keselamatan manusia yang dihasilkan. Dengan mempertimbangkan dampak teknologi digital terhadap sektor ini, makalah ini menunjukkan bahwa penggunaan robotika, sistem deteksi kelelahan, dan sensor jarak jauh dapat secara simultan berdampak pada pekerjaan dan sekaligus meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja.

Literatur mengenai teknologi di lingkungan hutan seringkali sangat teknis. Kurangnya akses terhadap makalah-makalah tersebut dapat mengindikasikan kurangnya minat masyarakat dan keterlibatan publik dari banyak pengembang, peneliti, dan pembuat kebijakan terhadap teknologi hutan cerdas.

Kontribusi kami

Meskipun terdapat banyak literatur abu-abu mengenai dampak sosial-politik dari teknologi, keterlibatan masyarakat dengan lingkungan, dan teknologi dalam lingkungan, kami hanya menemukan sedikit publikasi yang menggabungkan ketiga tema ini. Publikasi yang kami temukan sangat spesifik dalam hal lokasi penelitian atau ditargetkan pada masyarakat untuk penggunaan praktis. Laporan Smart Forests ini berusaha untuk menyumbangkan temuan penelitian yang menunjukkan pentingnya keterlibatan dan kepemimpinan masyarakat. Laporan ini bertujuan untuk membahas dan bermanfaat bagi khalayak luas dan untuk memicu aliansi yang unik di antara berbagai pelaku kehutanan.

Film *Smart Forests* yang menampilkan peserta sekolah lapangan yang mendiskusikan rencana dan praktik keanekaragaman hayati di Ecodorp Boekel. Belanda. Mind the Film dengan Smart Forests, 2025.

Fiilm *Smart Forests* menampilkan lokakarya jalan kaki di kawasan konservasi Bosque Pehuén. La Araucanía, Chili. Mind the Film dengan Smart Forests, 2025.

Lihat dari *Teknologi Hutan Yang Dipimpin Oleh Masyarakat: Sebuah Laporan Sementara Smart Forests* selama lokakarya pemangku kepentingan Smart Forests, Kew Gardens, Inggris. Mind the Film dengan Smart Forests, 2026.

5 Bagaimana kami melakukan penelitian

Kami melakukan penelitian mengenai hutan cerdas dalam dua tahap.

Tahap pertama dari penelitian ini adalah survei terhadap teknologi dan inisiatif hutan cerdas. Survei ini dilakukan melalui studi kepustakaan, wawancara, dan kerja lapangan. Survei teknologi ini mencakup identifikasi, pengujian dan analisis teknologi hutan cerdas utama, seperti analisis data dan teknologi visualisasi, aplikasi, platform, sensor dan drone. Kami menguji dan mempelajari teknologi-teknologi tersebut, untuk memahami operasi, proliferasi, aksesibilitas untuk penggunaan umum, dan jaringan yang diperlukan agar teknologi tersebut dapat berfungsi.

Survei kami mengenai inisiatif hutan cerdas mencakup berbagai lokasi di seluruh dunia - mulai dari Pegunungan Carpathian di Rumania hingga hutan hujan Amazon - dan mengungkapkan bagaimana hutan cerdas menghasilkan praktik-praktik baru dalam hal pengamatan, pendataan, partisipasi, otomatisasi dan optimalisasi, serta regulasi dan transformasi.

Untuk memahami beragam perspektif mengenai kemunculan hutan cerdas, tim peneliti mewawancarai ahli teknologi, pembuat kebijakan, ilmuwan, anggota masyarakat, aktivis, praktisi kreatif, dan pengguna teknologi hutan cerdas. Kami mengidentifikasi dan merekrut narasumber berdasarkan keahlian dan pengalaman mereka dalam lingkungan hutan cerdas. Lebih dari 60 wawancara ini dapat didengarkan dalam bentuk podcast pendek di Radio Hutan Cerdas.

Selama tahap survei pertama ini, tim peneliti juga melakukan kajian literatur tentang lingkungan cerdas dan hutan cerdas tentang perubahan lingkungan.

Smart Forests Atlas: Tangkapan layar halaman web radio. Smart Forests dengan Pengetahuan Bersama, 2025.

Tahap kedua dari penelitian Smart Forests melibatkan penelitian lapangan yang mendalam untuk menghasilkan lima studi kasus yang terintegrasi. Studi kasus ini mengungkapkan bagaimana beragamnya masyarakat menghadapi dan terlibat dengan praktik dan teknologi digital di dunia hutan mereka. Penelitian lapangan yang dilakukan di beberapa lokasi memungkinkan kami untuk membandingkan penyerapan dan penggunaan teknologi di berbagai lingkungan sosial-politik yang berbeda. Laporan ini menyajikan lima studi untuk didiskusikan dan dikomentari. Keempat studi kasus ini melintasi berbagai lokasi lapangan yang berbeda, termasuk hutan yang semakin rentan terhadap kebakaran di daerah aliran sungai Palguín di La Araucanía, Chili; sebuah desa ekologi dan 'laboratorium hidup' di bagian tenggara Belanda; hutan Bukit Barisan di Indonesia; wilayah perbatasan Taman Nasional Rajaji yang disengketakan di Uttarakhand, India; dan inisiatif restorasi hutan hujan beriklim sedang yang berorientasi pada masyarakat di Pantai Barat Skotlandia.

Pada tahap kedua, kami memobilisasi praktik penelitian inovatif di samping metode penelitian yang lebih tradisional seperti wawancara. Lokakarya partisipatif dan Sekolah Lapang Smart Forests telah

menggunakan teknologi digital untuk menghasilkan data 'langsung' tentang teknologi hutan cerdas. Para peneliti telah menyelenggarakan demonstrasi praktis teknologi seperti drone dan aplikasi sipil untuk melibatkan peserta dalam dialog. Sebagai contoh, di ecovillage Belanda, para peneliti mendorong peserta lokakarya untuk memindai kode QR yang terhubung dengan data keanekaragaman hayati dan mendorong diskusi terbuka mengenai pemantauan keanekaragaman hayati lokal. Sementara itu, di Uttarakhand, India, para peneliti bekerja sama dengan masyarakat Van Gujjar untuk memetakan lahan mereka baik secara manual maupun digital. Di Bujang Raba, Indonesia, para peneliti dan masyarakat bereksperimen dengan teknologi digital seperti drone, perangkat lunak Avenza, dan GPS saat berjalan-jalan di hutan. Pendekatan interdisipliner terhadap hutan cerdas juga difasilitasi oleh penelitian ini, dengan seniman dan ilmuwan yang berkolaborasi dalam menanggapi kebakaran hutan dan 'firetech' di wilayah Araucanía, Chili, dan dengan mempertimbangkan bagaimana api juga merupakan teknologi leluhur yang terbentuk melalui hubungan lingkungan dan praktik lahan yang berbeda. Perjumpaan 'langsung' dengan teknologi digital seperti ini mengembangkan pemahaman mengenai bagaimana beragam aktor dapat menggunakan dan menyalahgunakan teknologi, dan menunjukkan perebutan kekuasaan yang mungkin terjadi di antara perbedaan-perbedaan tersebut.

Menyusul empat studi kasus pertama dan penerbitan laporan sementara kami, kami menyelenggarakan lokakarya lintas sektor di Kew Gardens bersama para pemangku kepentingan dari Inggris dan Uni Eropa yang berasal dari bidang kehutanan, teknologi geospasial, jaringan hutan komunitas, perusahaan rintisan teknologi alam, serta pembuat kebijakan lingkungan dan sosial. Peserta termasuk Defra, Forest Research, Mozaic Earth, Zora Ecosystems, AutoSpray Systems, UNEP, Sylvera, Dark Matter Labs, Argyll Countryside Trust, National Trust, Llais y Goedwig, European Forestry Institute, dan Natural History Museum, yang terlibat dalam dialog demonstrasi dan percakapan terstruktur mengenai penggunaan teknologi cerdas untuk pengelolaan hutan dan keterlibatan masyarakat. Kami kemudian

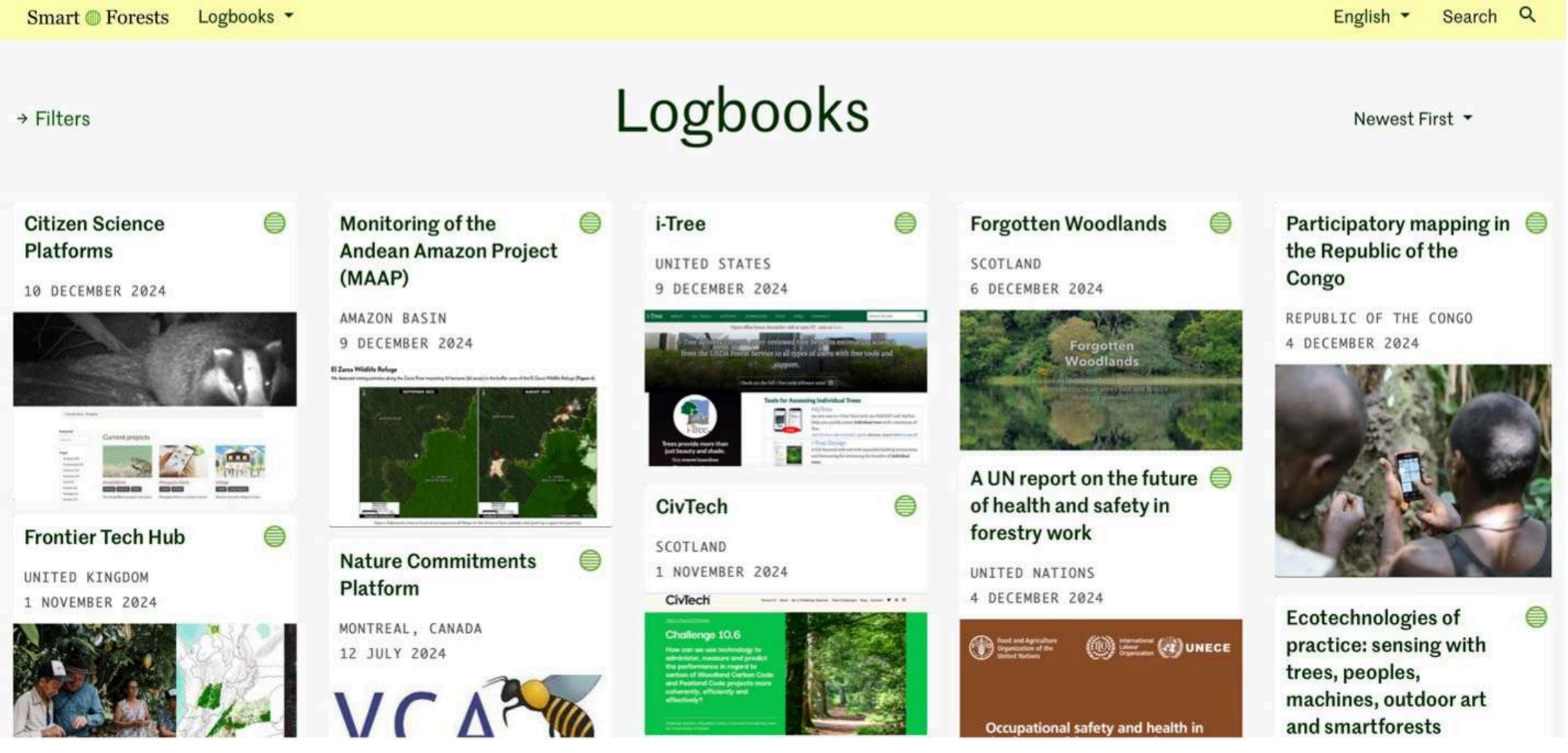
melakukan studi kasus kelima dan terakhir di Skotlandia, menyelidiki regenerasi hutan hujan beriklim sedang yang berorientasi pada komunitas yang difasilitasi oleh drone dan teknologi geospasial.

Temuan-temuan dari kedua tahap penelitian tersebut telah didokumentasikan dan dilibatkan melalui publikasi akademis dan Smart Forests Atlas. Smart Forests Atlas (“Atlas Hutan Cerdas”) berfungsi sebagai 'arsip hidup' daring, jaringan penelitian, dan alat untuk merekam dan menarasikan data Smart Forests, termasuk catatan lapangan, wawancara, peta, cerita, dan analisis jejaring sosial. Smart Forests Atlas tersedia dalam enam bahasa (Inggris, Spanyol, Perancis, Portugis, Hindi dan Indonesia), dan membuat data proyek tersedia dan dapat diakses secara terbuka. Suara komunitas hutan juga telah ditonjolkan dalam Atlas, dengan peserta dari studi kasus terakhir kami di Skotlandia ditugaskan untuk menulis cerita Atlas.

Tim peneliti proyek Smart Forests terdiri dari sekelompok peneliti transnasional yang memiliki hubungan dengan lokasi-lokasi di lapangan, baik melalui program residensi maupun beasiswa. Kelompok ini juga mencakup para kolaborator kreatif yang berkontribusi dalam produksi dan desain suara, video, web, dan desain grafis, serta jaringan kolaborator yang luas di lokasi studi kasus dan lokasi hutan lainnya di seluruh dunia.

Demonstrasi dan diskusi tentang drone Autospray dalam lokakarya pemangku kepentingan Smart Forests. Kew Gardens, Inggris. Mind the Film dengan Smart Forests, 2026.

Foto proyek Smart Forests dari anggota masyarakat Van Gujjar yang menggunakan aplikasi mobile untuk menentukan penggunaan lahan. Uttarakhand, India. Trishant Simlai dengan Smart Forests, 2022.



Smart Forests Atlas: Tangkapan layar buku catatan. Smart Forests dengan Common Knowledge, 2025.

6 Memindai inisiatif teknologi hutan yang dipimpin oleh masyarakat

Selama survei inisiatif hutan cerdas, kami menemukan berbagai teknologi atau praktik yang dibentuk oleh, dengan, atau untuk masyarakat sekitar hutan. Tabel di bawah ini menunjukkan contoh-contoh perangkat dan inisiatif hutan cerdas yang secara khusus berorientasi pada masyarakat dan mengedepankan suara, hak, dan pengalaman lingkungan masyarakat.

Kami menemukan bahwa masyarakat terlibat dengan teknologi hutan cerdas untuk tujuan berikut: pemetaan lingkungan secara partisipatif; jaringan dan pendidikan berbagi komunitas; mengamati dan mengatur deforestasi; mendata jasa karbon dan ekosistem (termasuk untuk tujuan monetisasi); menjaga kelestarian hutan dan lingkungan alam; dan melacak bahaya serta mengotomatisasi dan mengoptimalkan respons.

Aktivitas	Proyek	Detail
Pemetaan partisipatif	Mapeo	Mapeo adalah perangkat open-source pertama yang bersifat offline untuk pemantauan hutan dan pemetaan wilayah. Mapeo mendukung pengumpulan dan pembagian data secara partisipatif, memperkuat kedaulatan masyarakat atas tanah dan data mereka. Dikembangkan oleh Awana Digital, Mapeo telah memungkinkan masyarakat untuk memerangi penambangan ilegal, mengumpulkan bukti deforestasi dan meluncurkan kampanye untuk perubahan kebijakan.
Pemetaan partisipatif	Hutan yang Terlupakan	Coilltean Caillte (bahasa Gaelik untuk 'Woodlands') adalah sebuah proyek yang telah memetakan lebih dari 15.000 nama tempat di Skotlandia secara digital yang mengindikasikan keberadaan hutan. Proyek ini berupaya menggunakan nama-nama tempat untuk membaca lanskap dan memperdalam pemahaman budaya, ekologi, dan sejarah masyarakat tentang tanah tersebut.

Aktivitas	Proyek	Detail
Pemetaan partisipatif	Pemetaan partisipatif di Republik Kongo	Pemetaan partisipatif digunakan oleh masyarakat di daerah terpencil di Republik Kongo untuk memetakan sumber daya hutan dan mendokumentasikan praktik-praktik yang tidak berkelanjutan yang dilakukan oleh pemerintah atau perusahaan. Tim UCL ExCiteS (Extreme Citizen Science) bekerja sama dengan masyarakat setempat untuk merancang aplikasi pemetaan ponsel cerdas. Aplikasi ini tidak bergantung pada sistem pihak ketiga dan dirancang untuk menyertakan pohon keputusan bergambar yang dapat diakses.
Pemetaan partisipatif	PhillyTreeMap	PhillyTreeMap adalah basis data peta komunitas partisipatif untuk pepohonan di wilayah Philadelphia dan sekitarnya. Dibangun oleh perusahaan Azavea dengan pendanaan dari Departemen Pertanian AS (USDA). Peta ini memungkinkan masyarakat, LSM dan organisasi pemerintah untuk menambahkan informasi mengenai pohon, dan bertujuan untuk membuat inventarisasi hutan kota Philadelphia yang akurat dan terkini. Khususnya, lebih banyak data geografis sukarela telah ditambahkan ke PhillyTreeMap di lingkungan dengan proporsi penduduk kulit putih yang lebih tinggi, sehingga menimbulkan pertanyaan tentang bagaimana ketidaksetaraan dapat diperparah dalam data lingkungan sekaligus berkontribusi pada representasi yang tidak setara antara anggota masyarakat tertentu dengan yang lain.

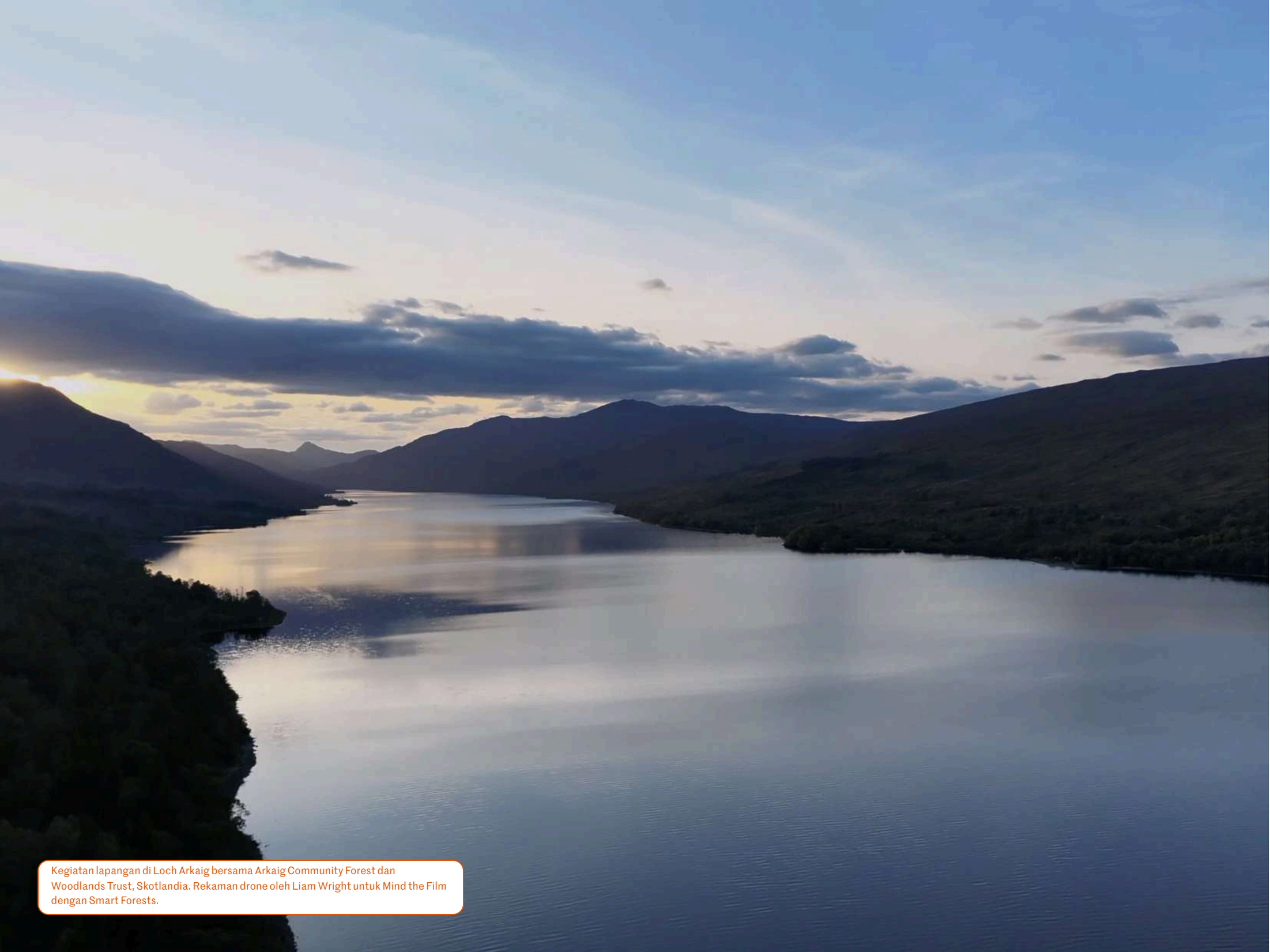
Aktivitas	Proyek	Detail
Jaringan berbagi komunitas dan pendidikan	Kurikulum Hutan	Forest Curriculum adalah sebuah platform yang bertujuan untuk memobilisasi masyarakat dan memungkinkan pembelajaran bersama melalui penelitian interdisipliner, praktik seni dan kurasi, serta kolaborasi di lapangan. Dimaksudkan untuk bersifat kolaboratif dan nomaden, Forest Curriculum memiliki banyak lokasi dan melibatkan sabuk hutan di Asia Selatan dan Tenggara.
Jaringan berbagi komunitas dan pendidikan	Podcast yang dipimpin oleh komunitas	Media dan jaringan komunikasi masyarakat adat, seperti Papo de Parente Podcast, beroperasi sebagai alat untuk berbagi pengetahuan dan mobilisasi sosial-politik, menghubungkan komunitas dan menciptakan jaringan.
Jaringan berbagi komunitas dan pendidikan	Platform Redário	Platform Redário mendukung jaringan benih di Brasil. Jaringan nasional ini memfasilitasi pertukaran pengetahuan antara berbagai komunitas, organisasi, dan pelaku dengan menggunakan teknologi digital, termasuk platform kolaboratif dan aplikasi untuk perencanaan, pengelolaan, dan komersialisasi pasokan benih.

Aktivitas	Proyek	Detail
Mengamati dan mengatur deforestasi	Global Forest Watch	Global Forest Watch adalah platform pemantauan hutan digital yang diluncurkan oleh World Resources Institute bekerja sama dengan mitra-mitra lainnya pada tahun 2014. Platform ini memfasilitasi pemantauan, pengelolaan, dan pertukaran informasi terkait hutan di seluruh dunia. Pusat informasi terpusat ini digunakan oleh berbagai pihak, termasuk masyarakat lokal, lembaga pemerintah, peneliti, dan LSM, untuk mengakses dan berkontribusi terhadap data, pengetahuan, dan sumber daya hutan, termasuk data mengenai deforestasi.
Mengamati dan mengatur deforestasi	Peringatan Hutan Hujan	Rainforest Alert adalah sistem pemantauan hutan masyarakat yang beroperasi di Amazon, Peru. Rainforest Alert mengintegrasikan teknologi ponsel cerdas, peringatan deforestasi data terbuka seperti Global Forest Watch, GIS offline, drone, dan citra satelit untuk mendukung pemantauan dan perlindungan yang dipimpin oleh masyarakat adat atas wilayah mereka.
Mengamati dan mengatur deforestasi	Proyek Pemantauan AndesAmazon	Pemantauan Proyek Amazon Andes (MAAP) didedikasikan untuk pengamatan deforestasi yang hampir mendekati waktu nyata. Analisis ini sebagian besar didasarkan pada sistem satelit (Landsat, Planet, DigitalGlobe, Sentinel, dan Perusat), dan bersifat terbuka. Analisis ini diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat lokal, masyarakat luas, peneliti, media, dan pembuat kebijakan.
Mendata karbon dan jasa ekosistem	i-Tree	i-Tree adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh USDA Forest Service dankolaborator yang menyediakan alat analisis, panduan, dan penilaian manfaat kehutanan perkotaan dan pedesaan. Perangkat i-Tree tersedia secara gratis dan bertujuan untuk membantu masyarakat dan pelaku lainnya dalam memperkuat upaya pengelolaan hutan dan advokasi dengan mengukur struktur hutan dan manfaat lingkungan yang diberikan oleh pepohonan.

Aktivitas	Proyek	Detail
Mendata karbon dan jasa ekosistem	Program Lingkungan Suku Yurok	Suku Yurok, dari Daerah Aliran Sungai Klamath (di tempat yang saat ini disebutCalifornia), telah menegosiasikan partisipasi dalam program cap-and-trade California Air Resources Board (CARB) untuk penyeimbangan karbon. Suku Yurok telah menggunakan teknologi LiDAR dan pencitraan udara di samping kerja lapangan di lapangan untuk mengukur penyerapan karbon di lahan hutan mereka. Dengan pendapatan yang dihasilkan dari kredit karbon, Suku Yurok telah membeli lebih dari 60.000 hektar lahan yang sebelumnya dirampas dan mengembangkan Program Lingkungan Suku Yurok.
Menjaga kelestarian hutan dan lingkungan alam	Hutan Kecil	Tiny Forest, dipelopori di Inggris olehEarthwatch Eropa, mengacu pada metode Miyawaki Jepang dan menciptakan hutan asli yang lebat dan tumbuh cepat di area seluas lapangan tenis. Pada tanggal laporan ini dibuat, 293 Hutan Kecil telah ditanam melalui skema ini. Hutan yang kaya akan satwa liar ini sebagian besar ditanam di lahan kosong, di daerah perkotaan atau sekolah. Hutan Kecil dipantau oleh berbagai komunitas yang sering kali menggunakan perangkat digital untuk melacak perubahan seperti dampak hutan terhadap suhu perkotaan. Jaringan digital memungkinkan Hutan Kecil yang terdistribusi untuk saling terhubung dan berbagi sumber daya dan temuan.

Aktivitas	Proyek	Detail
Menjaga kelestarian hutan dan lingkungan alam	MammalWeb	MammalWeb adalah platform sains warga yang mengumpulkan dan memverifikasi data perangkap kamera untuk meningkatkan pemahaman tentang distribusi, status, dan ekologi mamalia liar. Platform yang didirikan melalui kolaborasi antara Durham University dan Durham Wildlife Trust ini berfokus pada Inggris dan Eropa. MammalWeb berupaya melibatkan beragam komunitas ilmuwan warga dengan mengundang mereka untuk mengklasifikasikan spesies dan memasang kamera, sehingga meningkatkan hubungan manusia dengan alam, dan menawarkan manfaat bagi kesejahteraan.
Menjaga kelestarian hutan dan lingkungan alam	SOMAI	SOMAI adalah platform pemantauan hutan yang bertujuan untuk mendukung wilayah dan masyarakat adat dalam melestarikan masyarakat adat Amazon. SOMAI dikembangkan oleh Institut Penelitian Lingkungan Amazon di Brasil, yang menyediakan teknologi dan menawarkan pelatihan serta dana, yang memungkinkan kelompok-kelompok masyarakat adat untuk mengelola data dan sistem secara mandiri.

Aktivitas	Proyek	Detail
Melacak bahaya dan mengotomatisasi serta mengoptimalkan respons	Peringatan Dini Kebakaran Hutan Deteksi Sistem dalam Pakistan	Kebakaran hutan dilacak, dan tanggap darurat dikoordinasikan melalui proyek berbasis di Pakistan ini yang menyatukan masyarakat lokal, Departemen Kehutanan Pakistan, WWF, Universitas Manajemen Sains Lahore, Telenor, dan Frontier Tech dari FCDO Inggris. Proyek ini menggunakan sensor dan pembelajaran mesin untuk menciptakan sistem peringatan dini otomatis yang mendeteksi kebakaran hutan sebelum menyebar dan memberi tahu pemerintah setempat. Sistem ini juga menggunakan sensor, pencitraan, prakiraan meteorologi dan cuaca untuk mengidentifikasi lokasi-lokasi yang rentan terhadap kebakaran.
Melacak bahaya dan mengotomatisasi serta mengoptimalkan respons	BurnBot	Berbasis di California, BurnBot adalah teknologi semi-otomatis yang dikendalikan dari jarak jauh untuk pembakaran terkendali. Teknologi ini memfasilitasi penipisan vegetasi dan pembakaran terkendali untuk mengurangi risiko kebakaran hutan yang merusak dan melindungi masyarakat. Ruang bakar BurnBot RX2 dan bagian komponen lainnya telah dirancang untuk menghasilkan asap yang minimal. BurnBot telah menciptakan jaringan dan kolaborasi yang luas di seluruh masyarakat adat, pemadam kebakaran, ilmuwan, insinyur, ahli ekologi, lembaga pemerintah, inisiatif swasta, dan LSM.



Kegiatan lapangan di Loch Arkaig bersama Arkaig Community Forest dan Woodlands Trust, Skotlandia. Rekaman drone oleh Liam Wright untuk Mind the Film dengan Smart Forests.

7 Lima cerita: Studi kasus Smart Forests

Bagian ini merangkai temuan-temuan penelitian dari lima studi kasus kami dengan masyarakat yang berinteraksi dengan teknologi hutan cerdas. Studi kasus ini tidak dapat dipetakan dengan mudah satu sama lain - konteks, dinamika, dan konflik mereka berbeda. Alih-alih mengesampingkan perbedaan, kami akan berusaha untuk memahami kompleksitas yang muncul dari keterlibatan masing-masing komunitas dengan teknologi hutan cerdas, sambil memperhatikan resonansi lintas cerita.

Satu benang merah penting yang melingkupi semua studi kasus tersebut adalah bahwa teknologi hutan cerdas itu sendiri bukanlah fokus utama bagi sebagian besar masyarakat. Sebaliknya, teknologi tersebut merupakan alat, bukti, sumber daya, dan peluang untuk memperkuat proyek-proyek lingkungan yang sedang berjalan. Masyarakat hutan yang menjadi subjek penelitian kami tertarik pada bagaimana menggunakan teknologi untuk mengatasi masalah lingkungan dan mencapai ambisi mereka yang lebih luas untuk meningkatkan praktik-praktik pengelolaan lahan dan hubungan dengan masyarakat. Alat-alat ini merupakan bagian dari interaksi struktural, sistemik, dan ekologis yang dihadapi oleh komunitas-komunitas ini.

Rekaman drone proyek Smart Forests yang menunjukkan Taman Nasional Villarrica yang berdekatan dengan kawasan konservasi Bosque Pehuén. La Araucanía, Chili. Jennifer Gabrys dengan Smart Forests, 2023.

Sebuah pesawat tanpa awak melayang, terpaku di udara oleh baling-balingnya yang berputar. Pesawat ini melayang tinggi di atas pegunungan Chili yang tertutup salju. Pepohonan gelap berdiri tegak di atas puncak gunung berapi yang membeku dan diselimuti abu. Pada musim ini, hutan dipenuhi dengan pepohonan yang gundul karena musim dingin. Cabang-cabang berwarna karat berpadu dengan bentuk pahatan bergerigi dari pohon-pohon cemara Chili *berwarna hijau tua, atau araucaria araucana. Langit cerah yang dingin membumbung tinggi, terbuka.*

Studi kasus ini mengikuti pengembangan rencana pencegahan kebakaran oleh masyarakat di daerah aliran sungai Palguín di wilayah La Araucanía, Chili. Wilayah ini juga merupakan wilayah Mapuche bernama *Wallmapu*, yang berarti "alam semesta" atau "tanah di sekitarnya", wilayah ini merupakan wilayah terakhir yang secara resmi dimasukkan ke dalam negara Chili pada tahun 1882. Negara Chili mendorong imigrasi orang Eropa ke daerah tersebut sebagai bagian dari proses pemukiman dan kolonisasi. Saat ini, wilayah ini terdiri dari suku Mapuche, penduduk lokal Chili, pemilik rumah kedua, turis, peneliti, mahasiswa, petani, yayasan konservasi, dan penduduk sementara yang meninggalkan Santiago untuk kehidupan pedesaan.

Ciri khas La Araucanía adalah banyaknya gunung dan gunung berapi, dengan beberapa gunung berapi paling aktif di dunia berada di sini. Di seluruh wilayah ini, banyak hutan yang memiliki pohon Araucaria (*Pehuen* di Mapudungun) yang khas, serta pohon-pohon asli Chili lainnya.

Penelitian ini, yang dilakukan bekerja sama dengan Fundación Mar Adentro, mempertimbangkan bagaimana teknologi hutan cerdas digunakan untuk memantau dan mencegah kebakaran di wilayah tersebut dan di cagar alam konservasi swasta Bosque Pehuén seluas 882 hektar di daerah aliran sungai Palguín. Penelitian ini menanyakan bagaimana masyarakat terlibat dan berpikir tentang teknologi digital, dan dampak teknologi yang dimiliki oleh swasta dan publik terhadap hubungan sosial-politik dengan lanskap ini.

Rekaman drone proyek Smart Forests yang menunjukkan kawasan hutan di Bujang Raba, Indonesia. Yuti Ariani Fatimah dengan Smart Forests, 2023.

Pesawat tanpa awak ini terbang rendah di atas hutan tropis di Indonesia. Awan berenang di antara bukit-bukit berhutan yang lembut. Kami pun melayang di atas awan. Dunia di bawahnya adalah semua vegetasi. Kemudian pepohonan disela oleh sawah yang cerah, terakota pemukiman, kepulan asap, sungai yang meliuk-liuk melewati sebuah desa, perkebunan kelapa sawit yang menusuk-nusuk lereng bukit dengan pola-pola yang kaku. Naik lebih tinggi, lihatlah dari puncak bukit ini ke bukit-bukit biru di luar sana. Langit berbintik menyerupai ikan kembung.

Studi kasus ini membahas Bujang Raba, salah satu proyek komunitas pertama di Indonesia yang bertujuan untuk mengurangi emisi dari deforestasi. Proyek ini diusulkan oleh organisasi non-pemerintah, KKI Warsi, untuk mencegah sekitar 630.000 tCO2 emisi dengan melindungi hutan primer seluas 5.336 hektar dari tahun 2014 hingga 2023. Proyek ini menanggapi perubahan penggunaan lahan yang signifikan di daerah sekitarnya sejak tahun 1980-an, dengan perkebunan kelapa sawit baru, penebangan industri, dan pertambangan yang berdampak besar pada hutan alam di Kecamatan Bungo.

Proyek ini mencakup lima desa yaitu Lubuk Beringin, Senamat Ulu, Sungai Mengkuang, Sangi Letung Buat, dan Sungai Telang. Dengan melestarikan habitat hutan ini, proyek ini diharapkan dapat melindungi ekosistem yang berharga yang menjadi rumah bagi tanaman dan hewan yang terancam punah, termasuk Harimau Sumatera, Beruang Madu, Tapir, dan Rangkong. Dalam laporan ini, kami mengikuti bagaimana komunitas yang terlibat dalam Bujang Raba menggunakan teknologi digital untuk melindungi hutan dengan memantau spesies asli, penyimpanan karbon, dan kegiatan ilegal. Kami juga mendokumentasikan tantangan-tantangan yang muncul (termasuk perubahan peraturan pemerintah), dan bagaimana dinamika masyarakat berubah setelah diperkenalkannya teknologi hutan cerdas.

Rekaman drone proyek Smart Forests yang menunjukkan ruang komunitas Ecodorp Boekel. Belanda.Michelle Westerlaken dengan Smart Forests, 2024.

Drone ini mengambil gambar desa ramah lingkungan di Belanda. Lingkaran arsitektur rumah-rumah yang sedang dibangun, aliran air yang mengalir di sepanjang saluran air yang memisahkan dunia pertanian komersial dengan ladang yang ditanami padi, dari dunia ecovillage. Ayam-ayam bantam berkaki bulu, peterseli sapi yang diterbangkan angin, semak belukar yang tumbuh liar, kebun dapur. Seorang wanita memanggil seekor anjing yang sedang mengejar bebek. Drone menukik lebih dekat ke sebuah gubuk beratap tinggi di mana sekelompok orang duduk berunding.

Ecodorp Boekel mengidentifikasi dirinya sebagai sebuah komunitas ecovillage dan 'laboratorium hidup' di pedesaan di bagian tenggara Belanda. Di sini, para penghuninya telah menghabiskan waktu selama dua belas tahun terakhir untuk mengembangkan dan merefleksikan bentuk-bentuk kehidupan yang berkelanjutan. Ruang komunitas ini terdiri dari 36 rumah sewa dan sebuah kebun hutan pangan di lahan seluas dua hektar, dikelilingi oleh lahan pertanian, hutan lindung, dan pinggiran desa kecil. Penduduk menggambarkan ecovillage sebagai 'tepi hutan' (*bosrand*, dalam bahasa Belanda), di mana manusia berusaha untuk hidup selaras dengan lingkungan alam mereka. Zona transisi ekologis dan koridor satwa liar telah dipelihara di lokasi.

Ecovillage ini menampung 62 warga Belanda yang sebagian besar berusia antara 0 hingga 71 tahun, dengan latar belakang sosial-ekonomi yang beragam. Biaya sewa rumah ecovillage yang relatif terjangkau telah menarik minat orang-orang dari berbagai penjuru negeri. Dua rumah diperuntukkan bagi mereka yang berstatus pengungsi; dua rumah lainnya diperuntukkan bagi mereka yang membutuhkan perawatan. Selain para pengungsi, sebagian besar penghuni baru dipilih oleh penghuni saat ini. Komunitas ini secara bersamaan lebih beragam daripada daerah pedesaan di sekitarnya dan, secara paradoks, agak homogen dalam sistem nilai yang dianut oleh para penghuninya. Penduduk, yang seringkali bekerja paruh waktu, diharapkan untuk menyumbangkan tenaga kerja sukarela untuk pengembangan komunitas (misalnya, dengan berkebun, melakukan pemeliharaan, atau mengurus kegiatan penjangkauan, keuangan, atau pembangunan komunitas). Penduduk umumnya menaruh minat besar pada topik-topik yang berhubungan dengan keberlanjutan dan memiliki pengetahuan di bidang-bidang seperti

ekologi, permakultur, obat-obatan herbal, kehidupan komunal, dan kesehatan, Pengetahuan adat, dan keanekaragaman hayati. Kehidupan dan praktik komunikasi dibentuk oleh metode berbasis komunitas yang terus berkembang. Komunitas ini memiliki hubungan internasional melalui Global Ecovillage Network, serta hubungan dengan para pembuat kebijakan, organisasi keberlanjutan, penyandang dana, dan mitra industri.

Dalam laporan ini, kami mengikuti keterlibatan komunitas Ecodorp Boekel dengan teknologi hutan cerdas, khususnya eksperimen mereka dalam pemantauan keanekaragaman hayati, dan mempertimbangkan dampak dan interaksi yang ditimbulkan oleh teknologi ini di ecovillage dan sekitarnya.

Rekaman drone proyek Smart Forests yang menunjukkan pemukiman masyarakat Van Gujjar. Uttarakhand, India. Trishant Simlai dengan Smart Forests, 2023.

Dari pandangan drone, jalur yang saling terkait terlihat terukir di lanskap. Vegetasinya sangat rimbun, ditumbuhi pepohonan. Kumpulan gubuk-gubuk berkumpul seolah-olah sedang bercakap-cakap satu sama lain. Matahari menerpa terpal yang ditambatkan di atas lumbung di samping rumah-rumah beratap jerami. Sesekali, pohon-pohon berbatang putih gundul seperti tulang ular menjulang di atas semak belukar. Sebuah sungai menarik jarum yang berkilauan sempit melintasi lanskap. Tanda-tanda kawanan kerbau Van Gujjar menandai perjalanan di bumi. Hari itu adalah hari yang dingin dan cerah dan dunia dipenuhi dengan sinar matahari yang jernih.

Di sini, keluarga-keluarga Van Gujjar tinggal di pinggiran lahan hutan tradisional mereka, setelah dipindahkan secara paksa dari Taman Nasional Rajaji oleh negara India antara tahun 2010 dan 2014. Suku Van Gujjar, yang mengidentifikasi diri mereka sebagai penduduk asli Asia Selatan, menganut agama Islam dan mempraktikkan kegiatan penggembalaan berpindah dan semi-nomaden di negara bagian Jammu dan Kashmir, Himachal Pradesh, dan Uttarakhand. Di Uttarakhand, di mana studi kasus ini berada, sekitar 70.000 orang Van Gujjar tersebar di berbagai daerah pemilihan di lanskap hutan.

Lokasi lapangan ini dihuni oleh 80-90 keluarga, yang telah hidup dan mempraktikkan penggembalaan berpindah dari generasi ke generasi selama 200 tahun terakhir. Secara khusus, istilah 'Van' diterjemahkan menjadi hutan. Terdapat komunitas-komunitas Gujjar lainnya di India, tetapi Gujjar hutan merupakan penghuni hutan yang berbeda dan secara historis telah dianiaya di bawah hukum-hukum kriminal kolonial. Laporan ini mendokumentasikan bagaimana masyarakat Van Gujjar didiskriminasi dengan penggunaan teknologi digital dan bagaimana mereka menggunakan teknologi hutan cerdas untuk memetakan tanah mereka dan mengklaim hak-hak adat mereka.

Rekaman video dari drone proyek Smart Forests. Hutan Komunitas Ardura, Pulau Mull, Skotlandia. Jennifer Gabrys dengan Smart Forests, 2025.

Sambil mendengung di atas sungai yang dangkal, drone itu bergoyang-goyang lembut diterpa angin saat memantau hutan hujan beriklim sedang. Pohon-pohon dipenuhi lumut kerak, lumut, dan pakis yang menyelimuti batangnya. Hujan telah datang dan pergi dari Samudra Atlantik. Daun-daun ek, birch, dan rowan yang basah dan licin memantulkan cahaya. Di balik hutan, di balik pagar rusa, terdapat barisan pohon Sitka spruce yang sunyi, lalu lereng bukit yang gersang: lanskap Highland yang kontras.

Studi kasus ini mengikuti jaringan komunitas yang terlibat dalam restorasi hutan hujan beriklim sedang di sepanjang Pantai Barat Skotlandia. Lokasi-lokasi hutan ini bersifat daratan namun bergantung pada laut, disapu oleh awan hujan yang berkumpul di atas Samudra Atlantik. Studi kasus ini terutama berfokus pada lokasi proyek di Ardura, Arkaig, Appin, dan Knapdale. Namun, studi ini juga mencakup wawancara dengan kelompok hutan komunitas Skotlandia lainnya dan pemilik tanah swasta, serta mengacu pada Workshop Smart Forests yang diadakan di London, yang mempertemukan pembuat kebijakan, akademisi, teknolog, perwakilan komunitas, dan LSM yang bekerja pada inisiatif hutan.

Inisiatif restorasi hutan hujan di Ardura, Arkaig, Appin, dan Knapdale berakar pada komunitas lokal. Beberapa di antaranya didasarkan pada pembelian lahan oleh komunitas, di mana lahan dibeli (seringkali dari pemilik lahan yang tidak tinggal di lokasi atau Forestry and Land Scotland) oleh komunitas, biasanya dengan pendanaan dari pemerintah atau lembaga seperti National Lottery Heritage Fund atau Highlands and Islands Enterprise. Sejak tahun 1990-an, pembelian lahan oleh masyarakat semakin umum di Skotlandia. Proyek-proyek masyarakat ini berada dalam jaringan dan kemitraan yang lebih luas yang muncul seputar restorasi hutan hujan, terutama Alliance for Scotland's Rainforest, yang mengumpulkan 25 organisasi mitra. Terdapat budaya berbagi dan menghubungkan proyek serta individu di dalam jaringan ini.

Laporan ini menelusuri keterlibatan masyarakat dengan teknologi untuk restorasi hutan hujan beriklim sedang, menganalisis penggunaannya dan dampaknya. Laporan ini menguraikan bagaimana

teknologi-teknologi ini telah mendukung implementasi dan pemantauan penanaman hutan, serta teknik-teknik untuk melibatkan warga dan berbagi pengetahuan.

Melibatkan dan memultiplikasi teknologi (digital) dalam masyarakat hutan

Teknologi hutan cerdas berinteraksi dengan dan memobilisasi dunia hutan dengan berbagai cara. Dalam lima studi kasus, kami menelusuri bagaimana berbagai komunitas yang sangat berbeda terlibat dengan berbagai teknologi hutan dan untuk tujuan apa. Kami menguraikan perspektif spesifik masyarakat mengenai teknologi ini dan menyelidiki bagaimana infrastruktur digital berhubungan dan kontras dengan praktik dan pemahaman masyarakat mengenai hutan. Kami bertanya bagaimana perjumpaan dengan teknologi hutan cerdas dapat dibuat lebih plural dan adil, sehingga teknologi ini tidak mengaburkan pengetahuan lingkungan setempat, melainkan berkontribusi dan meningkatkannya.

Smart Forests Atlas: Halaman web peta yang menunjukkan wilayah studi kasus La Araucanía. Smart Forests dengan Common Knowledge, 2024.

PRAKTIK PENCEGAHAN KEBAKARAN BERBASIS MASYARAKAT DI LA ARAUCANÍA, CHILI

Lanskap berhutan di daerah aliran sungai Palguín di La Araucanía, Chili, beradaptasi terhadap kebakaran dan bukan bergantung pada kebakaran. Beberapa vegetasi, seperti pohon araucaria, dapat menahan aliran lahar dan api dari bara api yang dapat muncul dari gunung berapi di dekatnya. Pada beberapa kasus, kebakaran dengan intensitas rendah dapat menghilangkan serasah di permukaan tanah dan memungkinkan pertumbuhan kembali, namun vegetasi di wilayah ini tidak membutuhkan api untuk tumbuh kembali (seperti yang terjadi di California, misalnya). Pada saat yang sama, bentang alam menjadi rentan terhadap kebakaran yang sebelumnya mungkin tidak karena perubahan iklim, peningkatan suhu dan kekeringan, fragmentasi lahan dan perubahan tata guna lahan, serta aktivitas manusia yang menciptakan risiko kebakaran tambahan. Kebakaran hutan dapat menjadi tantangan serius bagi ekologi dan tempat tinggal manusia dalam kondisi yang kompleks ini, terutama di tempat yang baru saja terjadi kebakaran.

Dalam konteks perubahan iklim dan meningkatnya tekanan penggunaan lahan, kebakaran hutan di wilayah ini semakin meningkat dalam hal frekuensi dan intensitas. Oleh karena itu, berbagai lembaga di dalam pemerintah Chili, organisasi masyarakat, dan yayasan

konservasi, mengembangkan rencana pencegahan kebakaran yang lebih terlokalisasi dan berteknologi. Rencana pencegahan kebakaran di tingkat masyarakat sedang dirancang untuk memetakan rencana kebakaran hutan yang ada di tingkat nasional.

Sudah ada banyak teknologi yang digunakan di La Araucanía dan Chili, secara umum, untuk pemantauan dan pengelolaan kebakaran dan bahaya. Terdapat investasi aktif dalam teknologi GIS dan platform data untuk menghasilkan rencana manajemen darurat yang mengidentifikasi risiko dan mengembangkan protokol tanggap bencana. Terdapat juga infrastruktur nasional yang masih ada untuk memetakan dan mengelola bahaya berupa gunung berapi, gempa bumi, dan tsunami.

Di luar infrastruktur penanggulangan bencana yang lebih luas, Perusahaan Kehutanan Nasional Chili, Conaf, menggunakan dasbor data, GIS, penginderaan jarak jauh, kamera otomatis, helikopter, WhatsApp, perangkat daring, webinar dan sesi pelatihan, serta banyak perangkat lainnya untuk memantau, mengidentifikasi, mencegah, mengelola, dan merespons kebakaran. Beberapa dari teknologi ini digunakan bersama oleh sektor publik dan swasta.

Film *Smart Forests* yang menampilkan peserta Sekolah Lapangan selama kunjungan lapangan di kawasan konservasi Bosque Pehuén. La Araucanía, Chili. Mind the Film dengan Smart Forests, 2025.

Di wilayah ini, pemilik lahan, penduduk, yayasan konservasi, dan cagar alam juga menekankan peran teknologi dalam mengembangkan keterlibatan yang bertanggung jawab terhadap lingkungan, sering kali untuk konservasi air, regenerasi dan restorasi, serta penanaman spesies asli. Yayasan konservasi menggunakan kamera untuk mengidentifikasi spesies dan titik-titik keanekaragaman hayati, serta peluang regenerasi.

Sekolah Lapang Smart Forests dan wawancara yang menyertainya menemukan bahwa masyarakat memiliki hubungan yang agak ambivalen dan bahkan kontradiktif dengan teknologi di La Araucanía dan daerah sekitarnya di Chili. Beberapa peserta penelitian menyatakan bahwa Chili "tidak terlalu berteknologi", yang menunjukkan bahwa Chili tertinggal dari negara-negara yang lebih banyak menggunakan pendekatan teknologi dalam pembangunan. Di wilayah ini, masyarakat juga merasa bahwa teknologi bertentangan dengan karakter alam dan hutan di wilayah tersebut. Dalam wawancara, lokakarya, dan Sekolah Lapangan kami, beberapa orang menyatakan bahwa mereka waspada terhadap tekno-solusionisme dan pengumpulan data.

Selain keterbatasan teknologi yang dirasakan atau yang sebenarnya, wilayah Araucanía memiliki jangkauan data seluler dan Wi-Fi yang tidak merata karena karakter wilayahnya yang bergunung-gunung dan terpencil. Tidak semua orang dewasa memiliki ponsel, dan kemampuan untuk menerima dan mengirimkan data bisa sangat terbatas baik untuk ponsel maupun radio. Komunikasi episodik adalah hal yang biasa, dan dalam beberapa kasus, masyarakat pegunungan telah mengadopsi sistem yang berbeda untuk berkomunikasi melalui kode dan peluit.

Studi kasus ini mengungkapkan transformasi tata kelola lingkungan yang dapat dipicu oleh teknologi hutan cerdas karena sektor publik Chili sangat bergantung pada infrastruktur dan jaringan swasta untuk memantau dan memberikan peringatan mengenai kebakaran. Proyek pencegahan kebakaran, yang mengumpulkan para pelaku interdisipliner dari berbagai sektor masyarakat, juga menunjukkan potensi teknologi hutan cerdas untuk meningkatkan jaringan hutan dan masyarakat.

Film *Smart Forests* yang ditayangkan kepada para peserta Sekolah Lapangan di kawasan konservasi Bosque Pehuén. La Araucanía, Chili. Mind the Film dengan Smart Forests, 2025.

Smart Forests Atlas: Halaman web peta yang menunjukkan materi studi kasus Indonesia. Smart Forests dengan Common Knowledge, 2024.

PERLINDUNGAN HUTAN KEMASYARAKATAN DI LANSKAP BUJANG RABA, INDONESIA

Proyek karbon yang dikelola oleh masyarakat di lanskap Bujang Raba mencakup lima desa yaitu Lubuk Beringin, Senamat Ulu, Sungai Mengkuang, Sangi Letung Buat, dan Sungai Telang, dan telah memfasilitasi berbagai keterlibatan masyarakat dalam pengelolaan hutan.

Proyek yang diusulkan oleh lembaga swadaya masyarakat KKI Warsi ini merupakan salah satu proyek komunitas pertama di Indonesia yang bertujuan untuk mengurangi emisi dari deforestasi. Berpusat pada inisiatif REDD+ (Pengurangan Emisi dari Deforestasi dan Degradasi Hutan), proyek ini bertujuan untuk mencegah sekitar 630.000 tCO2 dengan melindungi hutan primer seluas 5.336 hektar dari tahun 2014 hingga 2023.

Untuk mengembangkan kredit karbon yang dapat diterima di pasar global, KKI Warsi mengikuti standar yang ditetapkan oleh lembaga sertifikasi swasta, Plan Vivo. Dengan demikian, proyek ini memantau cadangan karbon, faktor sosial ekonomi, keanekaragaman hayati, jasa lingkungan lainnya, dan pendorong deforestasi dengan menggunakan penginderaan jarak jauh Landsat untuk mendeteksi penggunaan lahan di wilayah proyek. Proyek ini juga menggunakan kamera jebakan,

fotografi titik tetap, patroli hutan, dan aplikasi Avenza Maps untuk mengecek ulang data satelit. Avenza Maps memungkinkan para patroli hutan untuk mencatat bukti penebangan pohon ilegal, perambahan, dan kebakaran pada peta georeferensi proyek karbon. Data pemantauan triwulanan dan tahunan disimpan di kantor proyek desa dan oleh KKI Warsi. Masyarakat lokal Bujang Raba menerima pelatihan dari KKI Warsi tentang cara menggunakan GPS dan Avenza Maps. Koneksi internet di desa-desa masih sangat buruk, tidak ada penyedia layanan telekomunikasi, dan koneksi digital tidak universal, biasanya hanya satu telepon yang dimiliki oleh setiap rumah tangga. Selain pemantauan hutan, interaksi dengan teknologi digital masih terbatas.

Hingga saat ini, proyek yang difasilitasi oleh teknologi ini telah memungkinkan perlindungan hutan dan ekologi masyarakat. Beberapa peserta dalam penelitian kami menyatakan bahwa proyek masyarakat telah memperdalam pengetahuan mereka tentang dunia hutan. Proyek ini juga telah berhasil mencegah banjir lebih lanjut di wilayah tersebut dengan menghentikan beberapa deforestasi untuk perkebunan kelapa sawit, penggunaan lahan yang rentan terhadap limpasan air yang cepat. Bersamaan dengan itu, proyek ini telah memberikan pelatihan dan mata pencaharian bagi beberapa anggota masyarakat karena para penjaga hutan menerima upah. Pada tahun-tahun sebelumnya, proyek karbon juga telah mendanai distribusi makanan pokok selama bulan Ramadhan. Namun, kegiatan ini terhenti karena adanya perubahan peraturan pemerintah yang telah mengganggu proyek (yang akan dibahas lebih lanjut dalam laporan ini).

Film *Smart Forests* menampilkan Sekolah Lapang. Bujang Raba, Indonesia. Mind the Film dengan Smart Forests, 2025.

Selama Sekolah Lapang Smart Forests, para peneliti berusaha untuk memultiplikasi penggunaan teknologi hutan digital dengan mendorong para peserta untuk bereksperimen dengan teknologi dan membayangkan masa depan hutan yang mungkin terjadi. Melalui Sekolah Lapang, para peneliti juga berusaha memahami bagaimana masyarakat lokal memandang teknologi digital dan tempatnya di dunia hutan. Berbeda dengan studi kasus di Ecodorp Boekel, di mana hutan terlihat terintegrasi dengan infrastruktur manusia, para peserta di sini memahami hutan sebagai tempat yang bebas dari aktivitas manusia dan teknologi, yang terletak jauh dari pemukiman. Secara khusus, relasi biner ini sedikit terpecah dengan adanya apa yang disebut 'pohon Wi-Fi' (pohon dengan sinyal yang lebih kuat), di mana penduduk desa berkumpul di sekitarnya untuk mengakses internet.

Studi kasus ini mengungkap bagaimana mata pencaharian lokal dan keterlibatan dengan hutan dapat berubah setelah diperkenalkannya teknologi hutan cerdas. Proyek karbon masyarakat yang difasilitasi oleh LSM ini menciptakan lapangan kerja dalam pemantauan dan patroli hutan, mendorong anggota masyarakat untuk mengembangkan pengetahuan ekologi dan digital baru, dan berdampak pada dinamika gender dan generasi tertentu (misalnya, laki-laki yang lebih muda di masyarakat lebih sering menggunakan teknologi digital). Yang terpenting, proyek ini juga mengungkap dinamika kekuasaan yang kompleks dan tidak merata antara masyarakat lokal, regulator negara,

perusahaan teknologi, dan LSM. Sebagai contoh, LSM sangat membentuk interaksi masyarakat dengan hutan, teknologi, dan pengetahuan teknis baru. Dinamika ini menimbulkan pertanyaan mengenai bentuk tata kelola seperti apa yang paling efektif untuk memastikan proyek karbon dapat dipimpin oleh masyarakat.

Film *Smart Forests* di lokasi Sekolah Lapang. Bujang Raba, Indonesia. Mind the Film dengan Smart Forests, 2025.

Smart Forests Atlas: Halaman web peta yang menunjukkan materi studi kasus Belanda. Smart Forests dengan Pengetahuan Umum, 2024.

KEANEKARAGAMAN HAYATI YANG DIPIMPIN OLEH MASYARAKAT PEMANTAUAN DI ECODORP BOEKEL ECOVILLAGE, BELANDA

Komunitas ecovillage dan 'laboratorium hidup' Ecodorp Boekel di pedesaan di Tenggara Belanda berusaha mengembangkan dan terlibat dengan bentuk-bentuk kehidupan yang berkelanjutan. Komunitas ini memanfaatkan banyak teknologi, yang sebagian besar berkaitan dengan topik metode bangunan berkelanjutan, efisiensi energi, dan praktik daur ulang (misalnya, baterai di tempat yang menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya dan mengubahnya menjadi penghangat di musim dingin). Komunitas ini tertarik dan bersedia untuk menerapkan teknologi eksperimental dan beroperasi sebagai tempat uji coba untuk mengembangkan praktik-praktik berkelanjutan di masa depan. Sebagai laboratorium hidup, komunitas ini berusaha untuk berbagi pengalaman secara terbuka dan memungkinkan penelitian lebih lanjut tentang berbagai teknologi. Oleh karena itu, Ecodorp Boekel menarik banyak minat dari luar.

Sebelum adanya proyek penelitian Smart Forests ini, masyarakat yang tinggal di Ecodorp Boekel memiliki keterlibatan yang terbatas dengan teknologi digital untuk memantau keanekaragaman hayati lokal. Melalui proyek ini, masyarakat berinteraksi dengan berbagai teknologi keanekaragaman hayati digital, termasuk kamera perangkap, metode

penginderaan akustik dengan aplikasi seperti Merlin, dan aplikasi ilmu pengetahuan warga seperti ObsIdentify. Meskipun teknologi ini tidak selalu merupakan metode berteknologi tinggi untuk memantau keanekaragaman hayati, infrastruktur dan platform digital yang digunakan untuk menganalisis dan menyajikan data ini berkembang dengan cepat dan menggunakan praktik komputasi yang semakin intensif, seperti algoritme pengenalan spesies dan kembaran digital.

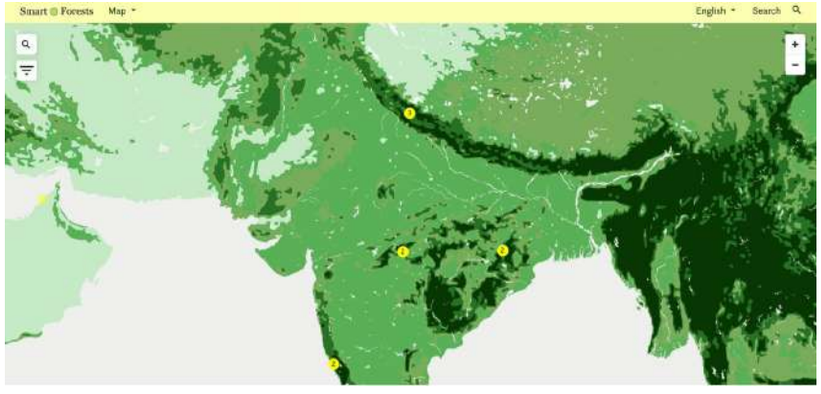
Melalui studi kasus ini, kami berusaha menyelidiki bagaimana infrastruktur intensif data ini berhubungan dengan praktik dan pemahaman masyarakat mengenai keanekaragaman hayati di tingkat lokal, serta memahami perspektif masyarakat mengenai teknologi hutan cerdas. Meskipun teknologi keanekaragaman hayati digital secara umum diterima dan dianggap berisiko rendah oleh anggota masyarakat, jelas terlihat bahwa ada kebutuhan bagi teknologi digital ini untuk beroperasi bersama dengan bentuk-bentuk pengetahuan lainnya. Teknologi digital untuk memantau keanekaragaman hayati fokus pada pengenalan spesies secara otomatis, tetapi pendekatan ini dapat berisiko menghapus pemahaman lain tentang keanekaragaman hayati lokal. Melalui kegiatan yang menyenangkan di Sekolah Lapang Smart Forests, kami berusaha menggabungkan dan membayangkan berbagai cara untuk mengetahui keanekaragaman hayati dan lingkungan.

Film *Smart Forests* yang menunjukkan kamera web birdbox yang dipasang di Ecodorp Boekel. Belanda. Mind the Film dengan Smart Forests, 2025.

Khususnya, studi kasus ini berlokasi di Belanda, sebuah negara yang dikenal dengan perkembangannya dalam teknologi digital dan sektor inovasi teknologi lingkungan yang terdepan. Sebagai salah satu negara dengan populasi terpadat di Eropa, Belanda mengalami penurunan keanekaragaman hayati yang sebagian disebabkan oleh surplus fosfor dan nitrogen. Beberapa kebijakan baru-baru ini yang berusaha mengurangi masukan nitrogen ke lingkungan telah menyebabkan ketegangan politik dan protes petani. Dalam konteks politik dan ekologi yang penuh dengan ketegangan, hampir semua orang yang diwawancarai tentang teknologi digital keanekaragaman hayati di tingkat nasional mengenal ecovillage mengungkapkan bagaimana laboratorium hidup seperti Ecodorp Boekel menjadi tempat utama untuk implementasi eksperimental teknologi.

Studi kasus ini menunjukkan bagaimana teknologi digital dapat mengubah keterlibatan dengan ekologi hutan dan keanekaragaman hayati, dan menunjukkan perlunya pendekatan multi perspektif terhadap hutan dan teknologi. Ecodorp Boekel juga menunjukkan bagaimana teknologi hutan cerdas, penelitian dan dukungan dapat didistribusikan secara tidak merata di seluruh wilayah, dengan beberapa komunitas yang lebih mampu menarik pendanaan. Melalui penelitian dengan ecovillage, kami menyaksikan potensi teknologi hutan cerdas untuk menciptakan jaringan hutan lokal, nasional dan internasional.

Foto proyek Smart Forests saat lokakarya berjalan dan kerja lapangan di Ecodorp Boekel. Belanda.Michelle Westerlaken dengan Smart Forests, 2024.



Smart Forests Atlas: Halaman web peta yang menunjukkan materi studi kasus India. Smart Forests dengan Common Knowledge, 2024.

PEMETAAN PARTISIPATIF WILAYAH VAN GUJJAR DI UTTARAKHAND, INDIA

Masyarakat Van Gujjar yang tinggal di pinggiran lahan hutan tradisional mereka di Uttarakhand menggunakan teknologi hutan cerdas untuk memetakan wilayah mereka dan menghasilkan pengetahuan masyarakat adat. Komunitas ini menggunakan alat digital, termasuk citra satelit Google Earth, alat pemetaan ponsel cerdas, sistem GPS, dan pesawat tanpa awak.

Setelah pengusiran Van Gujjars dengan kekerasan dari tanah mereka di Rajaji Taman Nasional oleh negara India (yang berlangsung secara bertahap antara tahun 2010-2014), masyarakat telah berusaha untuk menegaskan hak-hak tanah mereka melalui Undang-Undang Hak Hutan India tahun 2003. Undang-undang penting ini bertujuan untuk mengembalikan kepemilikan tanah kepada kelompok-kelompok masyarakat adat yang secara historis telah dirampas. Sebagai bagian dari klaim tanah mereka, Van Gujjars telah membuat dan menyerahkan peta digital. Meskipun peta yang digambar tangan sering ditolak dalam proses birokrasi negara, peta yang dibuat secara digital dianggap memberikan akurasi dan legitimasi terhadap klaim tanah.

Proses pemetaan ini terutama dipimpin oleh Van Gujjar Tribal Yuva Sanghatan (VGTS), sebuah kelompok yang sebagian besar terdiri dari para pria muda dan berpendidikan, yang berkolaborasi dengan para peneliti perorangan dan institusi akademis. Media sosial juga telah memberikan komunitas ini sebuah platform untuk berorganisasi dan terlibat. Sebagai contoh, halaman Facebook VGTS dan grup WhatsApp secara teratur berbagi pengetahuan tentang ternak atau lingkungan serta insiden pelecehan, eksploitasi, dan penganiayaan oleh lembaga negara atau komunitas lain. Dalam konteks struktural yang lebih luas, di mana berbagai rintangan menentang keberadaan masyarakat Muslim, nomaden Van Gujjars dan identitas mereka, teknologi hutan cerdas dapat memberdayakan masyarakat Van Gujjars untuk memetakan tanah mereka dan melawan produksi pengetahuan negara.

Film *Smart Forests* yang menunjukkan komunitas Van Gujjar mengeksplorasi teknologi pemetaan dengan Trishant Simlai. Uttarakhand, India. Mind the Film dengan Smart Forests, 2025.

Namun, tidak semua anggota masyarakat telah menggunakan teknologi digital. Masyarakat Van Gujjar yang lebih tua sangat ragu-ragu untuk menggunakan teknologi digital karena ketidakpercayaan mereka yang mendalam terhadap proses-proses negara. Penelitian kami menunjukkan bahwa mereka tidak hanya tidak mempercayai janji Undang-Undang Hak Hutan, tetapi juga mengaitkan teknologi digital hutan, seperti drone dan kamera jebakan, dengan pengawasan oleh departemen kehutanan. Masalah politik dan logistik juga muncul dari

fakta bahwa negara bagian Nasionalis Hindu telah membuat secara teknis ilegal bagi Van Gujjar untuk membawa GPS atau drone ke dalam hutan. Selain itu, akses dan kemampuan untuk menggunakan teknologi digital di komunitas ini tidak universal, meskipun sebagian besar orang dewasa memiliki akses ke ponsel cerdas. Selama Sekolah Lapangan Smart Forests, Van Gujjars juga menyatakan skeptisisme tentang cara pandang yang dihasilkan oleh teknologi hutan cerdas, yang mengancam untuk mengaburkan cara-cara masyarakat untuk mengetahui.

Studi kasus ini menunjukkan bagaimana teknologi hutan cerdas dapat menciptakan pandangan dominan yang mengesampingkan cara-cara lain dalam mengindera dan berhubungan dengan hutan. Studi kasus ini juga menunjukkan bagaimana teknologi hutan cerdas dapat membentuk kembali dinamika kekuasaan antara negara dan masyarakat dengan cara yang berbeda. Di sini, teknologi hutan cerdas secara paradoks digunakan baik untuk pengawasan negara maupun pemetaan partisipatif. Terakhir, studi kasus ini menunjukkan manfaat dan keterbatasan jaringan hutan digital dan menunjukkan bagaimana teknologi hutan cerdas dapat membentuk kembali dinamika dalam masyarakat berdasarkan gender dan generasi.

Film *Smart Forests* yang menunjukkan para perempuan Van Gujjar yang terlibat dalam pemetaan partisipatif kawasan hutan. Uttarakhand, India. Mind the Film dengan Smart Forests, 2025.

Smart Forests Atlas: Halaman web peta yang menunjukkan materi penelitian di Inggris dan Uni Eropa. Smart Forests dengan Pengetahuan Bersama, 2026.

REGENERASI HUTAN HUJAN BERIKLIM SEDANG BERBASIS MASYARAKAT DI SKOTLANDIA

Masyarakat di sepanjang Pantai Barat Skotlandia sedang menerapkan berbagai teknologi digital dan analog untuk melaksanakan proyek-proyek restorasi hutan hujan beriklim sedang. Habitat yang kini langka ini terdapat di wilayah pesisir lintang menengah dengan curah hujan dan kelembapan tinggi, serta ditandai oleh tumbuhan epifit seperti lumut, lumut kerak, dan pakis, serta pohon-pohon seperti ek, birch, ash, rowan, dan hazel.

Secara khusus, istilah ‘hutan hujan beriklim sedang’ telah menarik perhatian di Inggris selama dekade terakhir. Popularitas yang semakin meningkat terlihat dari pendirian Alliance for Scotland’s Rainforest, promosi terbaru dari Woodland Trust dan Wildlife Trusts, serta penerbitan buku Guy Shrubsole berjudul *Lost Rainforests of Britain* (yang disertai dengan peta digital yang dikembangkan oleh masyarakat). Seorang peserta menyarankan bahwa kata ‘hutan hujan’ resonan dengan masyarakat Inggris karena kampanye selama puluhan tahun oleh LSM lingkungan dan kelompok aktivis untuk menyelamatkan hutan hujan secara internasional. Narasumber tersebut juga menekankan bahwa ‘hutan hujan’ telah menjadi istilah

yang mempersatukan di sektor restorasi, mengesampingkan deskripsi sebelumnya yang beragam untuk hutan-hutan ini, termasuk Hutan Atlantik Asli, Hutan Ek Asli, dan Hutan Atlantik Kuno.

Proyek-proyek restorasi hutan hujan Skotlandia yang dipimpin oleh masyarakat ini muncul di tengah latar belakang kepemilikan lahan yang tidak merata dan lanskap yang sering kali terdegradasi. Skotlandia termasuk salah satu negara dengan alam yang paling terkuras di dunia, dan Dataran Tinggi khususnya ditandai oleh sejarah pembukaan lahan yang kompleks yang menghilangkan alam dan penduduk dari lanskap untuk memberi ruang bagi penggembalaan domba yang lebih menguntungkan.

Penerbangan drone di Loch Arkaig bersama Liam Wright dari Woodland Trust dan Jared Child dari Arkaig Community Forest. Mind the Film dengan Smart Forests, 2026.

Dalam penelitian kami yang berfokus pada empat proyek Hutan Komunitas Ardura, yaitu Beò Airceig: Living Arkaig, Regenerasi Hutan Hujan Appin, dan Proyek Restorasi Knapdale, kami menemukan bahwa upaya restorasi hutan dan manfaat bagi masyarakat sangatlah terintegrasi. Proyek-proyek ini didirikan melalui berbagai cara, termasuk pembelian lahan oleh masyarakat, yayasan komunitas, serta kemitraan dengan LSM lingkungan dan pemilik lahan. Hutan-hutan komunitas merupakan ruang untuk meregenerasi lingkungan dan untuk menghubungkan masyarakat dengan tanah melalui

pemanfaatan sumber daya, pembelajaran keterampilan, dan rekreasi luar ruangan. Hutan-hutan tersebut sering kali mencakup sekolah hutan, kesempatan ilmu pengetahuan warga, serta ruang untuk acara dan keterlibatan alam, seperti lomba memeluk pohon (Saving Morvern's Rainforest). Selain itu, manfaat hutan dipahami dalam kaitannya dengan kebutuhan masyarakat yang lebih luas. Misalnya, dalam proyek-proyek di mana perkebunan Sitka Spruce dihapus untuk memberi ruang bagi hutan hujan, pendapatan yang dihasilkan telah digunakan untuk membangun perumahan terjangkau bagi keluarga lokal, membantu meredakan krisis perumahan. Di beberapa proyek, kayu bakar murah dan kerajinan kayu telah diakses oleh masyarakat, dan hubungan telah ditarik antara regenerasi hutan hujan dan peningkatan pasokan air lokal. Peluang pekerjaan lokal juga muncul, termasuk peran seperti pengelola hutan, koordinator sukarelawan, dan pemburu rusa.

Dalam proyek-proyek restorasi hutan hujan ini, teknologi digunakan untuk memulihkan dan mengelola lanskap. Penginderaan jauh digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan terkait intervensi pengelolaan, dengan peta panas yang dihasilkan di ArcGIS menggunakan dataset hutan purba (NWSS). Kalung GPS tanpa pagar untuk ternak digunakan di beberapa lokasi untuk memfasilitasi penggembalaan dan pemakanan secara luas. Inisiatif penaburan benih menggunakan drone, yang menyebarkan benih asli di lereng terbuka, telah dilaksanakan bekerja sama dengan startup Auto Spray Systems dalam dua proyek. Drone juga digunakan untuk memantau spesies invasif non-asli, terutama rhododendron, sehingga tanaman tersebut dapat dihilangkan secara manual. Drone diterjunkan untuk menyediakan citra termal guna memfasilitasi pemantauan dan pengelolaan rusa. Baik rusa maupun rhododendron dapat menghambat regenerasi hutan hujan, karena rusa memakan bibit pohon, sedangkan rhododendron bersaing untuk habitat dan menghalangi cahaya mencapai bibit tanaman asli. Spesies ini merupakan indikator kepemilikan lahan yang luas, karena *Rhododendron ponticum* (tanaman hibrida yang diimpor ke Inggris pada masa kolonialisme) merupakan fitur populer di perkebunan dan taman era Victoria, sementara perburuan rusa seringkali merupakan olahraga eksklusif.

Teknologi pemantauan keanekaragaman hayati hadir dalam inisiatif restorasi, termasuk jebakan kamera, perangkat pemantauan akustik dan eDNA, serta ilmuwan warga yang menggunakan aplikasi seperti iNaturalist. Pemantauan jarak jauh juga digunakan oleh beberapa proyek yang (dengan hati-hati) menyelidiki kredit karbon dan BNG sambil menciptakan garis dasar awal kekayaan spesies. Beberapa proyek berkolaborasi dengan startup di bidang ini, seperti Zora Ecosystems dan RePlanet.

Meskipun berbagai teknologi hutan diterapkan di proyek-proyek restorasi hutan hujan ini, peserta seringkali meremehkan gagasan bahwa teknologi-teknologi tersebut diintegrasikan ke dalam proyek mereka. Berbeda dengan hubungan antara tanah dan komunitas, hubungan antara tanah dan teknologi umumnya dipandang sebagai hal yang bertentangan secara diametral daripada terintegrasi. Hal ini mungkin mencerminkan fakta bahwa teknologi sering diterapkan oleh spesialis, ilmuwan tamu atau tetap, atau kontraktor, bukan oleh masyarakat lokal.

Pada akhirnya, studi kasus ini tidak hanya mengungkap dampak teknologi hutan cerdas dan potensinya untuk memperkuat serta memfasilitasi jaringan, tetapi juga menegaskan bahwa teknologi-teknologi ini hanyalah sarana untuk mencapai tujuan. Pemberdayaan masyarakat, partisipasi, dan visi terintegrasi mengenai hutan hujan dan kehidupan masyarakat ditemukan sebagai hal yang paling mendasar bagi regenerasi yang berkelanjutan dan jangka panjang.

Hutan Hujan di Argyll and Countryside Trust bersama Philippa Mckee dan Julie Young, Lochgilphead, Skotlandia. Mind the Film dengan Smart Forests, 2026.

Memahami kekuatan dan kesetaraan dalam dunia hutan cerdas

Dalam lima studi kasus pertama kami, masyarakat menggunakan dan memandang teknologi hutan cerdas secara beragam, menunjukkan pentingnya penelitian spesifik tempat dan praktik-praktik berbasis tempat. Beberapa masyarakat mewaspadai perangkat pemantauan hutan dalam konteks yang lebih luas dari pemerintah yang tidak bersahabat; beberapa takut akan tekno-solusionisme; sementara yang lain melihat teknologi digital sebagai teknologi dengan risiko minimal. Komunitas tertentu menekankan bahwa alam terpisah dari infrastruktur digital manusia, sementara komunitas lainnya melihat bahwa alam, budaya, dan infrastruktur digital saling terintegrasi. Namun, hal yang sama dari semua komunitas adalah kebutuhan untuk menavigasi perangkat dan data hutan cerdas bersama dengan cara-cara lain untuk merasakan dunia hutan. Sekolah Lapang Smart Forests berupaya mencari cara untuk mengintegrasikan teknologi digital bersama teknologi leluhur, analog, dan ekologi, serta mengajak masyarakat untuk mempertimbangkan dampak sosial-politik yang ditimbulkan oleh teknologi digital.

Teknologi hutan cerdas memiliki dampak sosial-politik terhadap masyarakat yang tidak hanya sebatas pemasangan dan penggunaan perangkat dan infrastruktur teknologi. Lima studi kasus ini memberikan wawasan mengenai dinamika sosial-politik yang kompleks dari teknologi hutan cerdas. Jauh dari sekadar perangkat netral, teknologi hutan cerdas dapat membentuk dinamika kekuasaan di dalam dan di luar masyarakat, menghasilkan jaringan, mengubah struktur tata kelola, dan memultiplikasi keterlibatan masyarakat dengan dunia hutan.

Berikut ini, kami menguraikan temuan-temuan utama kami dengan menggambarkan konsekuensi atau manfaat tambahan dari teknologi hutan cerdas yang terlihat jelas di masyarakat studi kasus.

TEKNOLOGI HUTAN CERDAS MENGUBAH KETERLIBATAN DENGAN HUTAN DAN MATA PENCAHARIAN [TEMUAN 1]

Teknologi digital dapat menciptakan mata pencaharian baru dan keterlibatan dengan hutan, seperti yang terlihat di Bujang Raba di mana patroli hutan telah menciptakan peluang kerja. Hal ini juga terlihat di Skotlandia, di mana drone telah meningkatkan efisiensi perburuan rusa dan di mana teknologi penanaman ulang menggunakan drone telah meningkatkan keselamatan pekerja, sehingga tidak perlu lagi menanam secara manual di lereng curam yang rawan longsor. Teknologi ini juga dapat memperluas pengetahuan ekologi dengan menawarkan akses ke sumber daya pendidikan, seperti aplikasi identifikasi spesies. Namun, teknologi ini juga menghasilkan pengetahuan dan praktik yang dapat mengaburkan cara-cara lain dalam melihat dan merasakan hutan. Pendekatan digital terhadap hutan dapat mempercepat pemahaman hutan sebagai sumber daya yang dapat diekstraksi, atau sebagai penyimpan karbon untuk mengimbangi emisi bahan bakar fosil. Setiap komunitas studi kasus harus menavigasi cara-cara digital dalam menghadapi dunia hutan dengan bentuk-bentuk pengetahuan leluhur, ekologi, dan analog.

Masyarakat Van Gujjar, khususnya, menyatakan skeptisisme mereka terhadap cara pandang dan penginderaan yang dihasilkan oleh teknologi hutan cerdas. Peserta penelitian di lokasi ini mendiskusikan bagaimana citra satelit dan peta yang dibuat oleh pemerintah yang digunakan untuk menunjukkan kanopi hutan sebagai tutupan lahan hijau ternyata memberikan gambaran yang keliru, sehingga mengaburkan tumbuhan bawah hutan dan penanda ekologis lainnya. Masuknya perkebunan monokultur, seperti eukaliptus, menimbulkan kekecewaan tersendiri karena perkebunan ini dianggap merusak keanekaragaman hayati hutan, menghasilkan sedikit tumbuhan bawah dan menguras air tanah. Bagi Van Gujjars, pemetaan lebih dari sekadar menghitung elemen-elemen dalam suatu ruang, melainkan sebagai kesempatan untuk menghidupkan kembali aspek-aspek geografis, ekologis, budaya, ekonomi, dan sosial suatu tempat. Sebagai contoh, situs-situs lokal diberi nama sesuai dengan peristiwa-peristiwa penting dalam kehidupan Van Gujjars dan kerbau-kerbau mereka, dengan sebuah aliran sungai yang disebut sebagai 'si' talai, yang berarti kubangan harimau, karena seringnya harimau bertemu dengan mereka.

Untuk mengatasi potensi reduktif dari teknologi hutan cerdas ini, Van Gujjars dan kolaborator penelitian kami bekerja untuk memasang teknologi digital dengan pengetahuan masyarakat. Selama Sekolah Lapang Smart Forests, pertama-tama kami memetakan bentang alam dan aktivitas masyarakat di atas kertas, di mana penanda budaya dan sosial dapat dengan mudah dimasukkan. Kami kemudian menggunakan representasi kertas ini untuk membuat peta digital yang dapat menyimpan pengetahuan sosial dan budaya, sehingga meningkatkan aksesibilitas kegiatan dan cara-cara untuk mengetahui.

Demikian juga, di Ecodorp Boekel, para peserta mempertanyakan bagaimana infrastruktur intensif data terkait dengan praktik dan pemahaman masyarakat tentang keanekaragaman hayati. Anggota masyarakat mencatat bahwa meskipun data digital beredar sebagai sesuatu yang 'netral' dan 'obyektif', spesies yang dapat dideteksi oleh teknologi digital sering kali terbatas, yang mengarah pada masalah prioritas spesies dan representasi yang berlebihan dalam kumpulan data. Selain itu, bagaimana masyarakat lokal terlibat dengan data biasanya sangat selektif. Para peserta, misalnya, menarasikan dan

Film *Rainforest Regeneration in Scotland* yang menampilkan bibit untuk penanaman dalam rangka regenerasi hutan hujan, Argyll and Countryside Trust, Skotlandia. Mind the Film dengan Smart Forests, 2026.

memilih data yang sesuai dengan kepedulian mereka terhadap lingkungan. Sebagai contoh, peserta lebih cenderung menghasilkan data digital dan dokumentasi yang menunjukkan hubungan negatif antara keanekaragaman hayati dan penggunaan pestisida di lahan pertanian lokal dibandingkan dengan data lainnya. Praktik-praktik tersebut menunjukkan pentingnya pluralisasi keterlibatan dengan teknologi digital untuk memperhitungkan masalah lingkungan yang lebih nyata, sambil mengakui bias dalam penggunaannya. Dengan cara ini, infrastruktur digital dapat dimobilisasi tidak hanya sebagai 'cermin' ekosistem, tetapi juga sebagai alat untuk menceritakan kisah dan masalah lingkungan.

Melalui Sekolah Lapang Smart Forests di Ecodorp Boekel, kami memfasilitasi diskusi eksploratif tentang keanekaragaman hayati lokal dengan instalasi interaktif yang menggantungkan kartu yang dicetak dengan kode QR di langit-langit pusat komunitas. Instalasi ini memungkinkan para peserta untuk menggabungkan data digital tentang keanekaragaman hayati dengan cara-cara lain untuk mengetahui lingkungan mereka. Anggota masyarakat memperkaya data digital dengan pengetahuan tentang konflik penggunaan lahan setempat, keanekaragaman hayati, tingkat polusi, kesehatan dan kesejahteraan. Mereka juga mengidentifikasi kemungkinan-kemungkinan penggunaan lahan oleh manusia untuk hidup berdampingan dan memungkinkan peningkatan keanekaragaman hayati dengan memobilisasi pendekatan kepada masyarakat sebagai entitas yang lebih dari sekadar manusia. Melalui kegiatan berjalan-jalan di hutan dan berdiskusi dengan seniman dan rimbawan setempat, anggota masyarakat semakin meningkatkan data digital yang dihasilkan mengenai keanekaragaman hayati.

Selama penelitian di Inggris, kami mencatat bahwa para ahli teknologi yang bekerja di bidang restorasi alam sering kali memandang pekerjaan mereka terpisah dari ilmu sosial dan upaya keterlibatan masyarakat dalam proyek-proyek tersebut. Dalam Lokakarya Smart Forests yang diselenggarakan di London, para pembuat kebijakan, ahli teknologi, LSM lingkungan, dan perwakilan masyarakat mendiskusikan adanya pemisahan antara ilmu sosial, ilmu alam, dan teknologi. Para peserta lokakarya mengupayakan integrasi antar-disiplin yang lebih

besar agar teknologi digital dapat lebih baik melengkapi dan mencerminkan cara pandang serta cara merasakan hutan yang dimiliki masyarakat dan pihak lain.

Penelitian kami menunjukkan bahwa proyek hutan cerdas harus memastikan bahwa teknologi tidak mereduksi dunia hutan - menjadi pengamatan yang dipetakan dari atas, menjadi data karbon atau spesies yang dapat diperjualbelikan - melainkan bahwa teknologi ini harus berkontribusi pada, memperdalam kompleksitas, dan memperkaya cara-cara yang sudah ada dalam merasakan dan mendiami hutan oleh masyarakat. Kontribusi epistemik yang beragam dalam upaya pengelolaan hutan, yang mengintegrasikan ilmu alam dan ilmu sosial serta pengetahuan dan pengalaman masyarakat, dapat memfasilitasi pengembangan teknologi yang lebih inklusif.

Film *Smart Forests* tentang instalasi data digital keanekaragaman hayati di pusat komunitas Ecodorp Boekel. Belanda. Michelle Westerlaken dengan Smart Forests, 2023.

TEKNOLOGI HUTAN CERDAS TIDAK TERDISTRIBUSI SECARA MERATA, DAN SUMBER DAYA SERING KALI LANGKA [TEMUAN 2]

Teknologi hutan cerdas yang tidak terdistribusi secara merata di dalam dan di antara masyarakat, dapat diperparah dengan kurangnya sumber daya moneter, personil, teknis, atau sumber daya lainnya. Distribusi teknologi digital yang tidak merata dapat membentuk kembali,

mengganggu atau memperkuat dinamika kekuasaan yang ada. Agar masyarakat dapat memimpin dan berkontribusi pada desain dan penggunaan teknologi hutan cerdas, inisiatif harus dikembangkan secara hati-hati agar pengetahuan dan keahlian dapat terdistribusi secara merata.

Distribusi teknologi dan sumber daya kepada masyarakat tertentu dan tidak kepada masyarakat lainnya dapat menimbulkan kesenjangan regional. Teknologi hutan cerdas dapat tersebar secara tidak merata karena teknologi tersebut sering kali diperkenalkan kepada masyarakat melalui kemitraan dengan perusahaan teknologi, yayasan swasta, atau organisasi penelitian. Beberapa komunitas hutan, seperti yang berada di 'hutan ikonik', lebih mungkin menerima dukungan untuk teknologi hutan cerdas dari sumber-sumber swasta dan publik.

Di Chili, kami menemukan distribusi teknologi, sumber daya, dan jaringan keahlian yang tidak merata. Perusahaan Kehutanan Nasional Chili, Conaf, telah mengembangkan perangkat rencana pencegahan kebakaran yang bersifat umum. Meski demikian, di beberapa daerah, organisasi masyarakat dan yayasan swasta dengan sumber daya independen melakukan rencana dan proyek khusus untuk pencegahan kebakaran lokal. Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan akan kolaborasi yang lebih besar di berbagai sektor, organisasi, dan inisiatif untuk memfasilitasi pembagian sumber daya dan pengetahuan serta mencegah perbedaan regional. Kekurangan sumber daya merupakan masalah yang selalu menjadi perhatian dan masalah, karena banyak organisasi pemerintah tidak memiliki sumber daya yang cukup untuk memobilisasi masyarakat, sementara kelompok masyarakat sering mengalami kekurangan dana, teknologi, dan keahlian. Dengan membangun jaringan dan rencana pencegahan kebakaran masyarakat yang terhubung antar wilayah, dimungkinkan untuk menciptakan beragam cara berbagi peluang pendanaan, pengetahuan, dan peralatan dengan cara yang dapat membantu mengatasi masalah sumber daya.

Distribusi teknologi yang tidak merata di tingkat regional juga terlihat di Ecodorp Boekel. Dengan reputasi internasionalnya sebagai laboratorium hidup, ecovillage ini diuntungkan oleh tim humas dan komite yang didedikasikan untuk menulis aplikasi hibah, yang secara

teratur diterjemahkan ke dalam pendanaan dan dukungan teknologi. Ecodorp Boekel terletak di pinggiran pemukiman pedesaan Belanda yang lebih khas. Meskipun berbagai upaya telah dilakukan oleh kedua belah pihak untuk memfasilitasi interaksi-melalui hari terbuka ecovillage secara rutin dan pertemuan tahunan-terdapat ketidaksesuaian antara dana yang diterima dan nilai-nilai yang dianut di pemukiman ini. Dukungan dan pendanaan asimetris yang memprioritaskan komunitas tertentu di atas yang lain dapat menyebabkan siklus yang melanggengkan yang semakin mengucilkan komunitas yang kurang terhubung dan memperdalam ketidaksetaraan.

Kemampuan untuk mengakses dan menggunakan teknologi hutan cerdas juga dapat terdistribusi secara tidak merata di dalam masyarakat. Penelitian kami menemukan bahwa kesenjangan ini sering kali terjadi di sepanjang garis keahlian, gender, kelas, atau dalam kaitannya dengan ketidaksetaraan yang sudah ada sebelumnya. Hal ini sangat jelas terlihat selama penelitian kami dengan masyarakat Van Gujjar di Uttarakhand dan dengan masyarakat di Bujang Raba, di mana peran gender dan generasi tradisional didefinisikan secara kaku. Dalam kedua studi kasus ini, teknologi hutan cerdas sedikit menggeser dinamika di sepanjang generasi dan, pada tingkat yang lebih rendah, garis gender.

Akses dan penggunaan teknologi digital di antara suku Van Gujjar terutama terbatas pada pria muda yang berpendidikan menengah. Dalam komunitas ini, kepala keluarga biasanya menunjukkan sedikit ketertarikan pada pemetaan digital atau organisasi komunitas, Van Gujjar Tribal Yuva Sanghatan (VGTS), yang berusaha untuk mendapatkan hak atas tanah melalui Undang-Undang Hak Hutan. Generasi yang lebih tua sering kali tidak mempercayai teknologi dan proses-proses negara. Situasi seperti ini membuat generasi muda yang lebih berpendidikan menjadi pengguna utama teknologi hutan cerdas.

Demikian pula di Bujang Raba, teknologi hutan cerdas cenderung dioperasikan dan dipahami oleh kaum muda, terutama mereka yang bekerja dalam patroli hutan. Teknologi-teknologi ini telah memperkuat posisi pemuda dalam masyarakat dan menyebabkan perubahan dalam Kesatuan Pengelolaan Hutan Desa, yang sebelumnya didominasi oleh

laki-laki yang lebih tua, menjadi lebih melibatkan pemuda. KKI Warsi juga telah membentuk kegiatan khusus untuk pemuda, sesuatu yang telah menyebabkan ketegangan, dimana kepala desa mengeluh bahwa LSM tersebut lebih berfokus pada pemuda daripada orang tua. Teknologi hutan cerdas ini dapat menciptakan status dan ikatan sosial bagi para pemuda di masyarakat dan membuat para pria yang lebih tua menjadi kurang penting. Terdapat risiko bahwa teknologi hutan cerdas dapat menyebabkan terhapusnya nilai-nilai dan cara-cara generasi tua dalam merasakan dan menghuni dunia hutan.

Teknologi hutan cerdas juga memiliki dampak kecil terhadap posisi perempuan dalam komunitas yang sangat gender ini. Pada masyarakat Van Gujjar di Uttarakhand, perempuan tidak ikut serta dalam pengambilan keputusan dan cenderung menghabiskan lebih banyak waktu di hutan daripada laki-laki. Namun, sejak kemunculan Van Gujjar Tribal Yuva Sanghatan (VGTS), perempuan mulai dilibatkan dalam proses penentuan lokasi dan pemetaan partisipatif, serta dibentuknya sayap perempuan. Selama Sekolah Lapangan, perbedaan prioritas gender dalam komunitas Van Gujjar menjadi jelas melalui situs-situs kontras yang mereka petakan. Sementara itu, di Bujang Raba, proyek karbon masyarakat telah mengarah pada pembentukan koperasi perempuan di lima desa yang memproduksi kerajinan tangan seperti rotan. Meskipun demikian, pemisahan gender dalam pekerjaan dan lingkungan sosial masih terus berlanjut, dan perempuan tidak dilibatkan dalam kepanitiaan Kesatuan Pengelolaan Hutan Desa (KPHD). Proyek-proyek hutan cerdas yang dipimpin oleh masyarakat dapat menciptakan peluang baru bagi seluruh kelompok gender, tetapi juga dapat melanggengkan dinamika tradisional.

Khususnya, proyek penelitian Smart Forests kami berpartisipasi dalam beberapa dinamika distribusi sumber daya yang berbeda ini karena kami memilih komunitas tertentu untuk bekerja sama. Kami memilih studi kasus ini sebagian karena para peneliti memiliki hubungan dengan lokasi tersebut dan sebagian lagi karena studi kasus ini menawarkan kesempatan untuk memahami bagaimana masyarakat terlibat dengan hutan cerdas dalam kaitannya dengan isu-isu lingkungan seperti kebakaran, karbon, keanekaragaman hayati, dan hak atas tanah. Dengan membagikan temuan kami di luar komunitas studi kasus terpilih ini, kami berharap dapat berkontribusi pada

jaringan pengetahuan yang lebih luas dan menyarankan intervensi dalam bagaimana penelitian, pengetahuan, dan pendanaan didistribusikan.

Film *Smart Forests* yang memperlihatkan dua orang patroli hutan yang menggunakan aplikasi pemetaan Avenza. Bujang Raba, Indonesia. Mind the Film dengan Smart Forests, 2025.

TEKNOLOGI HUTAN CERDAS MENTRANSFORMASI TATA KELOLA HUTAN [TEMUAN 3]

Teknologi hutan cerdas telah mendorong peningkatan partisipasi para ahli teknologi, peneliti, LSM, dan perusahaan multinasional di hutan. Karena para aktor eksternal ini sering kali merancang, mengembangkan, atau mengendalikan teknologi dan jaringan, hutan cerdas menyebabkan transformasi dalam tata kelola lingkungan. Penelitian kami menunjukkan bahwa teknologi hutan cerdas menggeser tata kelola dari masyarakat dan aktor pemerintah lokal dan nasional, ke arah perusahaan rintisan, peneliti, LSM, dan perusahaan teknologi swasta.

Transformasi tata kelola hutan dalam kaitannya dengan praktik data terlihat jelas di La Araucanía, Chili. Di sini, sektor publik dan swasta berbagi teknologi dan data kehutanan, dengan perusahaan kehutanan swasta memiliki sebagian besar teknologi yang digunakan untuk memantau, memprediksi, dan mencegah kebakaran hutan (seperti menara pengawas dan kamera). Perusahaan-perusahaan kehutanan

tersebut berbagi data melalui dasbor data dan pusat komando dengan Perusahaan Kehutanan Nasional, Conaf. Tidak jelas apakah pembagian data ini bersifat sukarela atau diwajibkan oleh hukum. Data tersebut tampaknya tidak tersedia bagi masyarakat dan dikelola dalam ruang pengawasan dan pengambilan keputusan yang lebih ahli dan hierarkis. Banyak dari teknologi kebakaran ini menimbulkan kesenjangan keahlian, karena petugas pemadam kebakaran dan penjaga hutan dapat memiliki akses terhadap data dan alat yang tidak tersedia atau digunakan oleh masyarakat lokal.

Selain itu, tata kelola hutan Chili juga terjerat dengan perusahaan swasta dalam aspek-aspek kunci dari infrastruktur komunikasinya, karena WhatsApp diandalkan untuk mengeluarkan peringatan kebakaran dan mengkoordinasikan respon. Ketergantungan ini menimbulkan pertanyaan mengenai kemungkinan masyarakat lokal untuk memimpin proyek-proyek ini. Hal ini menunjukkan adanya transisi tata kelola lingkungan dari badan-badan publik ke perusahaan teknologi swasta. Hal ini menunjukkan bahwa kepemilikan publik atas teknologi dan infrastruktur atau, setidaknya, diversifikasi penyedia teknologi swasta, dapat membuat proyek-proyek hutan cerdas dan departemen lingkungan hidup negara bagian menjadi lebih tangguh.

Di Bujang Raba, kami melihat di tingkat yang lebih lokal bagaimana tata kelola hutan dapat berubah ketika masyarakat lokal terlibat dengan mitra eksternal. Meskipun masyarakat memiliki perangkat pengumpulan data (komite Pengelolaan Hutan Desa memiliki perangkat GPS, dan ponsel cerdas adalah milik pribadi), data yang dikumpulkan kurang dapat diakses oleh masyarakat setempat untuk dianalisis dan diproses oleh para ahli di kantor pusat LSM KKI Warsi di Kota Jambi. KKI Warsi juga melakukan pengumpulan dan analisis data Landsat yang lebih berteknologi tinggi. Namun, para praktisi tidak menggunakan formulir pengelolaan data dan kurang mengartikulasikan pendekatan terhadap kepemilikan dan privasi data. Selain itu, anggota masyarakat dilatih untuk menggunakan teknologi yang diarahkan untuk memenuhi standar lembaga sertifikasi swasta, Plan Vivo, dan bukannya berguna bagi fungsi sehari-hari masyarakat.

Di Ecodorp Boekel di Belanda, para peserta lokal kembali menyuarakan keprihatinan mereka mengenai kesenjangan keahlian, inovasi teknologi yang cepat, dan fitur-fitur komputasi yang semakin kompleks yang melampaui pengetahuan masyarakat. Peserta komunitas lokal juga mencatat bahwa mereka dapat menghabiskan banyak waktu dan energi untuk membantu peneliti eksternal dengan proyek penelitian mereka. Di satu sisi, hal ini menunjukkan bagaimana anggota masyarakat dapat mengintegrasikan nilai-nilai mereka dalam mewujudkan masa depan keanekaragaman hayati ke dalam kehidupan sehari-hari. Di sisi lain, hal ini menunjukkan bagaimana para ahli dari luar yang memiliki dana dapat mengintervensi tata kelola dan ambisi proyek lingkungan setempat.

Di Skotlandia, masyarakat setempat mengemukakan kekhawatiran terkait teknologi yang memfasilitasi pengambilan keputusan dari jarak jauh. Citra udara dan sensor di lapangan memungkinkan lembaga pemerintah Inggris seperti Forest Research memantau hutan, yang seringkali beroperasi ratusan mil jauhnya dari lokasi setempat. Beberapa peserta khawatir bahwa teknologi yang dioperasikan dari jarak jauh ini dapat membatasi kewenangan pengambilan keputusan lokal terkait perubahan skala lanskap, sehingga melemahkan peran komunitas pedesaan.

Berdasarkan temuan-temuan ini, penelitian kami menunjukkan cara-cara yang dapat dilakukan oleh masyarakat untuk secara efektif mengatur inisiatif hutan cerdas dan terlibat dalam pengumpulan, pengolahan, dan perancangan data. Praktik-praktik yang baik mencakup lembaga pendukung eksternal, seperti LSM, yang menawarkan pendanaan jangka panjang yang berkelanjutan, pelatihan, dan pelibatan. Hal ini dapat dilihat dari komitmen jangka panjang KKI Warsi kepada masyarakat Bujang Raba. Di sini, hubungan yang terjalin telah berlangsung dalam jangka waktu yang lama, dengan anggota tim lapangan KKI Warsi yang tinggal di desa-desa tersebut selama tiga minggu setiap bulannya. KKI Warsi juga telah menawarkan pelatihan kepada anggota masyarakat. Demikian pula, para peneliti hukum telah bekerja bersama komunitas Van Gujjar di Uttarakhand selama satu dekade. Dukungan dan penelitian yang dilakukan secara berulang dan perlahan ini membantu membangun kepercayaan dan keterampilan masyarakat. Selain itu, teknologi hutan

cerdas harus diupayakan untuk dapat diakses oleh khalayak seluas mungkin; kepemilikan dan privasi data harus dijelaskan kepada anggota masyarakat; dan teknologi berteknologi rendah dan lebih murah seperti aplikasi ilmu pengetahuan warga atau perangkat GPS harus digunakan jika memungkinkan.

Penelitian kami juga menunjukkan bahwa laboratorium hidup seperti Ecodorp Boekel dapat memungkinkan teknologi hutan cerdas, yang saat ini dikembangkan hampir secara eksklusif oleh para ahli teknologi, ekologi, dan penyandang dana proyek, untuk dirancang secara lebih demokratis. Laboratorium hidup dapat memungkinkan masyarakat untuk memberikan umpan balik mengenai teknologi yang sedang diujicobakan di lokasi dan melakukan intervensi di awal pengembangannya. Namun, keseimbangan harus dijaga untuk memastikan bahwa pertanyaan-pertanyaan para peneliti selaras dengan pertanyaan dan minat anggota komunitas living lab. Kemitraan terpercaya yang cermat harus dibentuk untuk memungkinkan masyarakat memimpin proyek hutan cerdas ini dan menghindari asimetri kekuasaan dan akses informasi.

Penelitian Smart Forests kami sendiri bersinggungan dengan dinamika ini. Oleh karena itu, kami berupaya menciptakan keterlibatan yang timbal balik dan berkelanjutan, menawarkan pelatihan tentang cara menggunakan teknologi, menyelenggarakan Sekolah Lapangan kolaboratif multi-pelaku, melakukan pendekatan berulang, dan mengedepankan suara masyarakat dalam keluaran penelitian. Kami juga berharap bahwa hasil proyek ini - termasuk laporan, film, podcast, dan makalah akademis, dapat bermanfaat bagi masyarakat (misalnya, sebagai bukti perhatian internasional bagi masyarakat Van Gujjar yang mengajukan klaim tanah). Kami berharap laporan ini dapat mendorong diskusi kritis tentang transformasi tata kelola lingkungan, baik di tingkat lokal maupun internasional.

Film *Smart Forests* yang menunjukkan stasiun cuaca di kawasan konservasi Bosque Pehuén. La Araucanía, Chili. Pikirkan Film dengan Smart Forests, 2025.

TEKNOLOGI HUTAN CERDAS MENGGESER DINAMIKA KEKUASAAN ANTARA MASYARAKAT, NEGARA BAGIAN, DAN PERUSAHAAN TEKNOLOGI [TEMUAN 4]

Baik aktor negara maupun perusahaan teknologi menggunakan teknologi hutan cerdas untuk meningkatkan regulasi, transformasi, datafikasi, dan observasi tidak hanya terhadap dunia kehutanan, tetapi juga terhadap masyarakat hutan. Sebagai contoh, negara nasionalis Hindu India menggunakan teknologi hutan cerdas seperti citra satelit, kamera jebakan, dan pesawat tak berawak untuk menghasilkan pengetahuan yang mengarah pada pengusiran awal suku Van Gujjar dari tanah mereka. Suku Van Gujjars, yang dipandang oleh negara sebagai perambah lahan hutan, menghadapi marjinalisasi politik karena identitas Muslim dan nomaden mereka. Teknologi hutan cerdas terus digunakan oleh negara untuk mengawasi, mengintimidasi, dan mengendalikan komunitas Van Gujjar (dengan laporan penggunaan drone untuk menyemprotkan disinfektan ke masyarakat selama Covid-19). Negara juga membatasi kemampuan Van Gujjar untuk menggunakan perangkat hutan cerdas seperti GPS.

Di Indonesia, peraturan negara telah mengintervensi, meskipun dengan cara yang tidak terlalu berbahaya, kemampuan masyarakat Bujang Raba untuk menggunakan teknologi hutan cerdas untuk tujuan

mereka sendiri. Proyek karbon masyarakat di Bujang Raba tiba-tiba terganggu pada bulan Oktober 2021 ketika Pemerintah Indonesia mengeluarkan Peraturan Presiden No. 98/2021 (Reg 98) tentang penerapan nilai ekonomi karbon untuk mencapai Kontribusi yang Diniatkan Secara Nasional (NDC). Di bawah peraturan baru ini, semua kegiatan karbon di Indonesia hanya dapat dilanjutkan setelah Sistem Registri Indonesia menyetujuinya. Menanggapi peraturan baru tersebut, KKI Warsi mendaftarkan proyek Bujang Raba pada awal tahun 2022 dan menjalani verifikasi baru berdasarkan peraturan Indonesia. Namun, sistem pendaftaran masih belum menyetujui proyek tersebut pada saat laporan ini ditulis. Hal ini mengakibatkan ketidakpastian bagi proyek masyarakat dan menunjukkan bagaimana proyek yang dipimpin oleh masyarakat dapat tunduk pada kekuatan-kekuatan di luar kendali mereka.

Proyek-proyek masyarakat hutan cerdas juga dapat menjadi genting karena keterlibatan perusahaan teknologi swasta dan penyandang dana. Sebagai contoh, Ecodorp Boekel bergantung pada pendanaan eksternal untuk melaksanakan inisiatif masyarakat dan pembangunan. Ketergantungan pada pendanaan eksternal ini menciptakan gesekan, karena meskipun ecovillage bermaksud untuk menjadi ruang untuk belajar dan bereksperimen, ada tekanan internal dan eksternal untuk menampilkannya sebagai proyek unggulan dan uji coba yang sukses untuk menarik pendanaan dan dukungan lebih lanjut. Ada risiko bahwa jika eksperimen gagal, laboratorium hidup tidak akan sepenuhnya terbuka tentang hasilnya karena takut berdampak pada peluang pendanaan di masa depan. Temuan-temuan ini menggarisbawahi pentingnya menghubungkan praktik inovasi dengan hubungan sosial-politik mereka dan menemukan cara untuk memungkinkan masyarakat berbagi praktik-praktik kritis, ketidakpastian, dan isu-isu yang sedang berlangsung sehubungan dengan penelitian dan inovasi dalam lingkungan uji coba, tanpa adanya ancaman penarikan dana.

Sebaliknya, penelitian kami menunjukkan bagaimana beberapa teknologi digital dapat membantu memberdayakan masyarakat hutan dengan menawarkan alat untuk mendokumentasikan kegiatan dan pelanggaran ilegal, memetakan dan menegaskan hak atas tanah, serta menciptakan narasi alternatif terhadap narasi yang diproduksi oleh negara atau perusahaan swasta. Hal ini terlihat jelas dalam praktik

masyarakat Van Gujjars dalam memetakan lahan mereka untuk Forest Rights Act menggunakan perangkat geospasial, termasuk drone dan perangkat GPS yang dipasang di tanduk kerbau. Demikian pula, di Bujang Raba, para penjaga hutan menggunakan teknologi untuk mendokumentasikan perambahan di lahan hutan dan menciptakan bukti untuk melestarikan ruang-ruang tersebut. Sementara itu, di Hutan Komunitas Ardura, Skotlandia, proyek ini telah memasang kode QR di sepanjang aliran sungai agar petugas hutan dan warga dapat melaporkan polusi tersebar yang masuk ke kawasan tersebut.

Penggunaan teknologi hutan pintar untuk pengawasan dan pemantauan dapat memberdayakan atau membahayakan masyarakat, tergantung pada siapa yang memproses data tersebut. Di Inggris, meskipun beberapa peserta penelitian antusias dengan potensi teknologi untuk memantau aktivitas ilegal di hutan dan lingkungan (misalnya, penebangan pohon dan pengumpulan kerang secara komersial), terdapat risiko bahwa pengawasan lingkungan dapat disalahgunakan oleh pemroses data dan pihak berwenang, serta bahwa aktivitas hutan akan dipisahkan dari konteks sosial dan politiknya.

Film *Smart Forests* tentang komunitas Van Gujjar yang menggunakan alat pemetaan yang berbeda untuk mendokumentasikan perambahan oleh perkebunan kayu putih. Uttarakhand, India. Trishant Simlai dengan Smart Forests, 2022.

TEKNOLOGI HUTAN CERDAS DAPAT MEMPERKUAT DAN MENGAKTIFKAN JARINGAN HUTAN [TEMUAN 5]

Proyek hutan cerdas yang dipimpin oleh masyarakat dapat mengganggu dinamika kekuasaan tradisional dengan memungkinkan masyarakat untuk terhubung di luar batas-batas geografis mereka dan terlibat dalam isu-isu lingkungan yang lebih luas.

Di Pantai Barat Skotlandia, inisiatif regenerasi hutan hujan sering kali terintegrasi dalam jaringan dan kemitraan lingkungan yang lebih luas. Kemitraan-kemitraan ini tidak sepenuhnya didukung oleh teknologi digital; namun, pertukaran pengetahuan secara digital melalui webinar, situs web, dan pertemuan daring memainkan peran penting dalam memperkuat dan memfasilitasi jaringan-jaringan tersebut. Di bidang hutan hujan, Alliance for Scotland's Rainforest mengumpulkan 25 organisasi, termasuk Plantlife, RSPB, ACT, NatureScot, dan Native Woods Co-op, serta mendukung berbagai proyek restorasi dan komunitas. Selain itu, jaringan seperti Community Woodlands Scotland dan Scotland: The Big Picture menyatukan inisiatif restorasi alam dan berbagi pembelajaran. Pengetahuan dan imajinasi komunitas juga didukung melalui alat daring akses terbuka seperti Forgotten Woodlands, yang memetakan nama-nama tempat hutan purba dan menghubungkan budaya dengan tanah di seluruh Skotlandia.

Kemitraan kerja lapangan yang sukses juga telah muncul melalui jaringan-jaringan ini, dengan hutan komunitas bermitra dengan LSM lingkungan besar. Hal ini terlihat dalam kemitraan antara Arkaig Community Forest dan Woodland Trust. Kemitraan ini memungkinkan masyarakat untuk memanfaatkan keahlian dan sumber daya ekologi serta teknis dari Woodland Trust, sementara Woodland Trust dapat memperoleh dukungan dan kepercayaan dari masyarakat. Para peserta di Skotlandia dan dalam Lokakarya Hutan Cerdas menekankan pentingnya pertukaran pengetahuan dan konektivitas digital antara berbagai inisiatif, serta mengungkapkan keinginan untuk akses data terbuka di seluruh organisasi dan sektor.

Demikian pula, Ecodorp Boekel terintegrasi dalam jaringan yang terhubung melalui platform digital dan alat komunikasi. Desa ecovillage telah menjalin kerja sama dengan Global Ecovillage Network, organisasi keberlanjutan tingkat nasional dan lokal, tiga ekowisata setempat, penyandang dana, serta mitra industri melalui jaringan digital dan eksperimen teknologi. Komunitas ini juga secara aktif terlibat dengan berbagai aktor di berbagai tingkat pemerintahan, termasuk politisi kota setempat, pemangku kepentingan di tingkat provinsi dan perusahaan utilitas, dan penyandang dana Uni Eropa.

Van Gujjar Tribal Yuva Sanghatan (VGTS) telah memobilisasi teknologi untuk mengembangkan jaringannya. Sebagai contoh, VGTS menggunakan laman Facebook dan grup WhatsApp mereka untuk berbagi pengetahuan tentang topik-topik seperti penggembalaan, margasatwa, penggundulan hutan, dan perampasan ternak, serta insiden-insiden pelecehan, eksploitasi, dan penganiayaan yang dilakukan oleh lembaga-lembaga negara atau masyarakat lainnya. Jaringan digital juga telah memungkinkan suku Van Gujjars untuk terhubung dengan organisasi sosial, Inisiatif Rakyat untuk Hak-Hak atas Hutan. Namun, selain pertemuan dan lokakarya sesekali mengenai Undang-Undang Hak Hutan, masyarakat Van Gujjars memiliki keterlibatan yang terbatas dengan kelompok ini karena keterbatasan waktu dan sifat diskusi yang teoritis yang tidak selalu sesuai dengan konteks spesifik masyarakat Van Gujjars. Terkait dengan hal tersebut, di Bujang Raba, proyek komunitas pemantau karbon telah memungkinkan adanya hubungan dengan KKI Warsi, Plan Vivo, dan pasar karbon. Jaringan yang diperluas ini memperluas - dan memperumit - konsep komunitas.

Di La Araucanía, para peserta Sekolah Lapang Smart Forests dan pihak yang diwawancarai menyatakan dukungan yang kuat untuk menghubungkan dan memperkuat jaringan hutan melalui keterlibatan lebih banyak aktor. Banyak yang merasa bahwa teknologi dapat memfasilitasi perkembangan ini, memungkinkan hubungan antara perwakilan akademis, artistik, konservasi, negara, dan masyarakat. Selain itu, mereka melihat pendidikan sebagai cara untuk mengalihkan fokus utama teknologi kebakaran hutan dari tanggap darurat dan manajemen, ke arah pencegahan, komunikasi, dan pendidikan.

Para peserta Sekolah Lapangan dan narasumber yang diwawancarai mencatat bahwa organisasi dan sektor non-pemerintah, termasuk universitas, yayasan dan LSM, dapat memainkan peran penting dalam memperluas dan meningkatkan komponen pendidikan dan pencegahan dari pengetahuan dan ketanggapan terhadap kebakaran hutan. Beberapa peserta Sekolah Lapangan dan pihak yang diwawancarai mencatat adanya keterputusan hubungan dengan universitas, dan menyarankan agar lembaga-lembaga tersebut dapat lebih berperan dalam mendorong kontribusi yang dialogis dan berorientasi pada masyarakat, sambil mendukung jaringan masyarakat dan pengamatan lingkungan mereka.

Seperti yang dikatakan oleh para narasumber, masyarakat juga dapat mendidik negara, karena mereka sering kali paling tahu tentang wilayah mereka dan terbiasa merespons bahaya yang terjadi secara komprehensif dan efektif. Pada saat yang sama, beberapa narasumber menyarankan agar kementerian-kementerian dapat lebih bersatu untuk memahami permasalahan lingkungan secara lebih kompleks, bukan hanya pada satu isu saja. Penelitian kami mengindikasikan bahwa jika pencegahan kebakaran ingin dikedepankan di La Araucanía sebagai komponen utama dari praktik kebakaran hutan, maka organisasi sosial yang lebih kuat dan beragam, keterlibatan lingkungan yang majemuk, dan cara-cara kreatif untuk melibatkan pendidikan dan teknologi diperlukan untuk menciptakan dan mempertahankan keterlibatan masyarakat yang efektif.

Film *Smart Forests* yang menampilkan peserta sekolah lapangan yang mendiskusikan rencana dan praktik keanekaragaman hayati di Ecodorp Boekel. Belanda. Mind the Film dengan Smart Forests, 2025.

Film *Smart Forests* menampilkan Sekolah Lapang. Bujang Raba, Indonesia. Mind the Film dengan Smart Forests, 2025.

8 Proposal untuk teknologi kehutanan

Penelitian dan rekomendasi kebijakan berikut menawarkan strategi untuk memungkinkan pendekatan berbasis kepemimpinan masyarakat terhadap teknologi hutan cerdas agar dapat dirancang, diimplementasikan, dan didukung secara efektif. Kami mempertimbangkan bagaimana teknologi hutan cerdas dapat lebih merata melalui desain, penggunaan, dukungan, dan pendanaan yang berkelanjutan. Kami mengusulkan cara-cara untuk melihat lebih jauh dari sekadar teknologi digital dan merangkul berbagai teknik dan teknologi hutan, termasuk yang bersifat analog, leluhur, dan ekologis.

Rekomendasi-rekomendasi ini diambil dari wawancara dan penelitian kami dengan masyarakat studi kasus, serta tinjauan kami terhadap literatur, praktik, teknologi, dan kebijakan yang ada. Tujuan kami adalah untuk menyusun saran-saran yang relevan bagi berbagai pelaku di bidang teknologi kehutanan, termasuk masyarakat, organisasi masyarakat sipil, masyarakat, LSM, penyandang dana, ahli teknologi, pelaku industri, peneliti, dan pembuat kebijakan.

1. Memperagam keterlibatan dengan teknologi kehutanan untuk mengintegrasikan pengetahuan masyarakat

Penelitian kami mengindikasikan adanya kebutuhan akan teknologi-digital dan lainnya-untuk beroperasi bersama dengan bentuk-bentuk lain dalam mengenal dan menghuni hutan. Teknologi ini tidak boleh dianggap sebagai refleksi digital 'objektif' dari ekosistem. Sebaliknya, teknologi ini harus digunakan sebagai alat untuk melengkapi pengetahuan dan pengalaman lingkungan, berkontribusi pada serta memperkaya cara-cara yang sudah ada dalam mengindera dan menghuni hutan.

Teknologi hutan digital berisiko membayangi cara-cara masyarakat untuk mengetahui dan mereduksi dunia hutan yang kompleks menjadi pengamatan yang dipetakan dari jarak jauh, atau data yang dapat diuangkan mengenai karbon atau spesies. Hal ini dapat menyebabkan terabaikannya spesies, budaya, sejarah, dan fungsi ekologis lainnya yang kurang terdeteksi. Generasi yang lebih tua mungkin sangat rentan, karena mereka umumnya kurang terlibat dengan infrastruktur digital, sehingga perspektif mereka cenderung diabaikan.

Inisiatif teknologi hutan yang dipimpin oleh masyarakat harus bekerja secara sadar untuk menggabungkan pengetahuan leluhur dan lokal, serta perspektif sosial-politik yang berbeda, dalam desain dan penyebaran teknologi. Untuk memajemukan cara-cara mengetahui dan menghuni dunia hutan yang cerdas, kami merekomendasikan untuk mengintegrasikan metode digital, analog, dan metode leluhur ketika bekerja dengan teknologi hutan yang dipimpin oleh masyarakat.

Sebagai contoh, selama Sekolah Lapangan kami di Uttarakhand, para peneliti dan peserta menggabungkan pemetaan partisipatif di atas kertas wilayah desa dengan pemetaan GPS. Para peserta juga menggunakan rekaman video untuk menceritakan pengalaman masyarakat di lapangan dan memperjelas narasi yang dihasilkan oleh rekaman drone. Sementara itu, selama Sekolah Lapangan di Ecodorp Boekel, para peneliti membuat instalasi interaktif yang menampilkan pemindaian kode QR yang menyenangkan untuk menstimulasi

percakapan masyarakat tentang keanekaragaman hayati. Percakapan ini menyoroti pentingnya mengakui adanya bias dalam desain teknologi dan data.

Pemahaman dan pengalaman tentang dunia hutan dapat disebarluaskan dengan mendorong kolaborasi interdisipliner dan eksperimental. Sebagai contoh, para seniman dan ilmuwan di Chili bekerja sama untuk menghasilkan narasi kebakaran yang secara kreatif mempengaruhi diskusi dan ide untuk rencana dan jaringan pencegahan kebakaran masyarakat. Dengan menggabungkan keterlibatan budaya dengan api, memungkinkan untuk menyusun rencana pendidikan dan pencegahan yang lebih terhubung dan layak. Selain itu, beberapa Sekolah Lapang Smart Forests mendorong 'imajinasi moral', yang melibatkan pertimbangan tantangan lingkungan dari sudut pandang nenek moyang, generasi mendatang, dan entitas 'lebih dari manusia', sehingga memperumit narasi teknologi yang terfokus pada tujuan yang lebih bersifat 'waktu nyata'.

Usulan untuk bekerja sama dan melintasi berbagai sistem pengetahuan dalam pengamatan dan tindakan kehutanan ini selaras dengan lokakarya pemangku kepentingan yang kami selenggarakan di Kew Gardens, di mana para peserta menekankan perlunya mengembangkan praktik data yang terbuka dan inklusif serta memperluas partisipasi masyarakat. Para peserta mendiskusikan cara menyeimbangkan akurasi dan kualitas data, serta apa yang dianggap sebagai data yang ‘cukup baik’ untuk menghasilkan hasil yang dapat ditingkatkan dan ditindaklanjuti. Ada penekanan yang kuat pada integrasi berbagai jenis data — ekologi, sosial, dan penginderaan jauh — serta pengakuan terhadap bentuk-bentuk pengetahuan yang sering kali berada di luar sistem data formal. Untuk memastikan pendekatan pluralistik terhadap hutan, pemerintah, LSM lingkungan, perusahaan teknologi, dan inisiatif masyarakat juga harus memprioritaskan kolaborasi interdisipliner di bidang ilmu lingkungan dan ilmu sosial guna memfasilitasi pengembangan teknologi kehutanan yang lebih bermanfaat dan inklusif.

2. Memastikan teknologi kehutanan dapat diakses dan didistribusikan kepada berbagai anggota masyarakat sambil mengatasi keterbatasan sumber daya di dalam masyarakat

Untuk memastikan bahwa teknologi hutan cerdas secara efektif dipimpin oleh masyarakat, maka sangat penting bahwa teknologi tersebut dapat diakses dan didistribusikan kepada berbagai anggota masyarakat. Sebagaimana disebutkan dalam laporan ini, pengenalan teknologi hutan cerdas dapat mengubah atau melanggengkan ketidaksetaraan, termasuk namun tidak terbatas pada gender, kelas, pendidikan, etnis, ras, agama, dan dinamika generasi. Oleh karena itu, pemerataan dan aksesibilitas yang adil sangat penting untuk mendorong keterlibatan yang adil dengan teknologi baik di dalam maupun di antara masyarakat.

Aksesibilitas dapat difasilitasi oleh serangkaian pengungkit di berbagai tingkat pemerintahan. Penting untuk menyediakan tidak hanya peralatan yang diperlukan, tetapi juga pendidikan dan pelatihan tentang teknologi, privasi data, pemrosesan, dan penyimpanan. Pendekatan ini memastikan bahwa masyarakat tidak hanya diperlakukan sebagai sumber data. Para pemimpin masyarakat dan kolaborator juga harus secara hati-hati membingkai teknologi hutan cerdas dengan cara yang menekankan relevansinya dengan struktur dan lingkungan yang lebih luas, seperti hak atas tanah, mata pencaharian, atau pencegahan kebakaran.

Masyarakat juga harus menyadari bahwa teknologi mutakhir tidak selalu diperlukan untuk menghasilkan data hutan yang efektif. Sebagai contoh, di seluruh studi kasus, kami menemukan bahwa teknologi seperti perangkat GPS, drone, dan ponsel cerdas terjangkau, mudah digunakan, dan relatif berteknologi rendah. Perangkat dan praktik-praktik tersebut dapat memfasilitasi pengorganisasian kebakaran hutan oleh masyarakat, pemetaan partisipatif, pemetaan keanekaragaman hayati, dan patroli hutan.

Terakhir, para pembuat kebijakan dapat mempertimbangkan untuk menetapkan standar teknologi hutan digital yang 'inklusif dari awal', mendorong dan memastikan aksesibilitas bagi masyarakat yang mungkin buta huruf. Mereka juga harus mempertimbangkan untuk mengatasi kendala sumber daya sehingga teknologi dapat terjangkau oleh kelompok masyarakat.

3. Mendorong desain bersama teknologi hutan yang beragam

Untuk menciptakan teknologi kehutanan yang bermanfaat dan dapat digunakan oleh masyarakat, para peneliti dan ahli teknologi harus mengupayakan desain bersama dengan masyarakat. Alat dan infrastruktur digital yang dibuat oleh, dengan dan untuk masyarakat dapat memperkuat masyarakat, meningkatkan dampak organisasi masyarakat, dan mempromosikan sistem teknologi yang beragam dan berkelanjutan.

Penelitian kami dengan ecovillage Ecodorp Boekel di Belanda menunjukkan bagaimana laboratorium hidup dapat memberikan kesempatan bagi masyarakat untuk berkontribusi dalam desain teknologi. Masyarakat dapat melakukan uji coba teknologi di lokasi dan mengirimkan umpan balik berulang untuk mengidentifikasi intervensi yang bermanfaat di awal proses pengembangan teknologi. Demikian pula, selama Sekolah Lapangan Sains-Seni di Chili, kami menemukan bahwa pemahaman yang lebih komprehensif mengenai lingkungan dan kebakaran hutan muncul dari berbagai perspektif, pengetahuan, dan praktik.

Lokakarya pemangku kepentingan kami di Kew Gardens juga menyoroti pentingnya memperluas partisipasi masyarakat melalui alat digital yang relevan dan bermanfaat, yang dirancang bersama dengan masyarakat, terutama kelompok-kelompok yang terpinggirkan. Para peserta lokakarya menekankan perlunya melibatkan masyarakat di seluruh siklus hidup data, mulai dari pengumpulan hingga pengambilan keputusan.

Untuk terhubung dengan dan membangun pengalaman-pengalaman ini, para ahli teknologi dan peneliti harus membuat pertanyaan-pertanyaan penelitian yang selaras dengan minat penelitian anggota masyarakat sambil memastikan metode mereka bersifat dialogis dan berulang dengan menempatkan keprihatinan dan kepentingan masyarakat sebagai pusat dari proses pengembangan dan implementasi.

4. Memobilisasi teknologi yang tepat untuk menghubungkan dan memperkuat jaringan

Meskipun teknologi hutan cerdas dapat bermanfaat bagi masyarakat dalam hal pemetaan, pemantauan, pendidikan, dan bahkan penanaman, teknologi-teknologi ini pada dasarnya bukanlah penanda hutan yang subur. Penelitian kami menemukan bahwa praktik pengelolaan hutan dan teknologi yang tepat guna yang memprioritaskan kebutuhan, pengetahuan, dan suara masyarakatlah yang menjadi landasan bagi terwujudnya ekosistem hutan yang makmur. Hal ini sangat terlihat di Pantai Barat Skotlandia, di mana proyek-proyek yang dipimpin masyarakat berfokus pada keterlibatan warga dan manfaat bagi mereka. Misalnya, di Hutan Komunitas Ardura, Petugas Keanekaragaman Hayati menekankan bahwa mereka tidak akan memasang perangkat pemantauan pagar rusa jika hal itu berpotensi membuat sukarelawan lokal menjadi tidak diperlukan. Sementara itu, seorang peserta di Appin mencatat bahwa teknologi terbaik adalah ‘mata yang terlatih’, yang mampu mengamati hutan secara keseluruhan dan memanfaatkan pengetahuan budaya.

Selain itu, banyak proyek yang dipimpin komunitas di Skotlandia menyoroti hubungan antara hutan dan kesejahteraan komunitas. Misalnya, di Ardura, dana yang dihasilkan dari penebangan pohon Sitka spruce di lokasi regenerasi hutan dialokasikan ke komunitas di mana dana tersebut paling dibutuhkan. Alih-alih menghabiskan dana tersebut untuk perangkat hutan pintar berteknologi tinggi, dana tersebut dialihkan untuk membangun infrastruktur komunitas dan perumahan komunitas yang terjangkau. Dengan menghubungkan

regenerasi hutan dengan kesejahteraan masyarakat, proyek-proyek tersebut dapat menumbuhkan pemahaman terpadu tentang kesehatan hutan sekaligus rasa memiliki. Meskipun teknologi hutan pintar dapat bermanfaat bagi masyarakat, teknologi tersebut harus dipahami sebagai sarana untuk mencapai tujuan, bukan tujuan itu sendiri.

Teknologi hutan cerdas memiliki dampak politik yang lebih luas, memediasi dan memodulasi keterlibatan masyarakat dengan negara, perusahaan teknologi swasta, dan jaringan yang lebih luas. Penelitian kami menunjukkan bahwa teknologi dapat digunakan untuk menggabungkan berbagai komponen pemantauan dan pengelolaan lingkungan sehingga keanekaragaman hayati, perubahan iklim, kekurangan air, dan bahaya lingkungan dapat dipahami sebagai bagian dari sistem yang saling berhubungan.

Kami juga menemukan bahwa teknologi dapat digunakan untuk berbagi sumber daya dan memajukan pendidikan dan komunikasi lingkungan. Di Skotlandia, kami melihat bahwa teknologi telah memfasilitasi jaringan dan platform berbagi pengetahuan, termasuk situs Alliance for Scotland's Rainforest, yang turut berkontribusi pada gerakan nasional yang lebih luas untuk regenerasi hutan hujan. Di Chili, kami melihat bagaimana pendidikan dapat membantu mencegah bahaya kebakaran hutan, mengingat sebagian besar insiden tersebut disebabkan oleh manusia. Dalam hal ini, aspek budaya dari teknologi merupakan hal yang sangat penting dalam bagaimana teknologi tersebut dapat dikembangkan, diimplementasikan, dan dipelihara.

5. Memastikan pendanaan, penelitian, dan regulasi teknologi hutan yang dipimpin oleh masyarakat berbasis tempat, etis, dan berkelanjutan

Hubungan yang etis dan berkelanjutan harus dikembangkan antara masyarakat, penyandang dana dan peneliti yang bekerja dengan teknologi hutan cerdas. Badan-badan pendukung eksternal, seperti

yayasan dan LSM, harus menawarkan kepada masyarakat pendanaan, pelatihan, dan pelibatan yang berkelanjutan dan sesuai dengan kebutuhan jangka panjang. Sebagai contoh, LSM Indonesia KKI Warsi telah membuat komitmen jangka panjang kepada masyarakat Bujang Raba. KKI Warsi menawarkan pelatihan kepada anggota masyarakat dan anggota tim lapangan yang tinggal bersama masyarakat untuk jangka waktu yang lebih lama. Demikian juga, para peneliti hukum telah bekerja bersama komunitas Van Gujjar di Uttarakhand selama satu dekade. Di Chili, yayasan konservasi mendukung dan dapat menjadi tempat pembangunan jaringan masyarakat untuk menangani konservasi, pengelolaan lahan dan pencegahan kebakaran hutan, di antara praktik-praktik lainnya. Di Arkaig, Skotlandia, organisasi nirlaba lingkungan (eNGO) Woodland Trust bekerja sama secara efektif dengan Hutan Komunitas Arkaig dengan menjalin hubungan organisasi dalam bentuk kemitraan jangka panjang. Pendekatan ini mengakui manfaat timbal balik dari kemitraan tersebut dan mencegah munculnya dinamika hierarkis. Dukungan dan penelitian yang berulang, perlahan, dan berkelanjutan seperti itu membantu membangun kepercayaan dan memastikan bahwa tujuan eksternal selaras dengan kepentingan masyarakat.

Lembaga pendukung eksternal juga harus mempertimbangkan potensi konsekuensi yang tidak diinginkan dari intervensi terhadap inisiatif yang dipimpin oleh masyarakat, seperti dampak terhadap wilayah yang lebih luas. Penyandang dana harus menghindari melanggengkan akses yang tidak setara terhadap teknologi dan memperdalam kesenjangan regional yang ada dengan berulang kali mendanai inisiatif unggulan. Sebaliknya, penyandang dana dapat berupaya meningkatkan kolaborasi antar masyarakat dan mempertimbangkan untuk mendanai inisiatif masyarakat yang kurang dikenal. Demikian pula, sebagaimana disoroti oleh para peserta lokakarya pemangku kepentingan kami di Kew Gardens, pendanaan untuk inisiatif jangka panjang dapat menjadi kendala utama, terutama di bidang-bidang yang kekurangan sumber daya seperti penelitian hutan yang dipimpin oleh masyarakat. Para peserta menyerukan adanya kerangka pendanaan yang lebih adil, berkelanjutan, dan fleksibel untuk mendukung inisiatif akar rumput serta proyek-proyek kelembagaan, sekaligus untuk membangun kapasitas.

Ketika menguji coba teknologi baru, lembaga eksternal harus memprioritaskan timbal balik dan pembagian manfaat, misalnya dengan mendengarkan dan menanggapi prioritas masyarakat seperti mata pencaharian, peluang pendidikan, dan keterlibatan lingkungan. Lembaga pendukung eksternal harus mempertimbangkan bagaimana teknologi dapat mempertahankan fungsi sehari-hari masyarakat dan mata pencaharian lokal, seperti pertanian dan pemantauan hutan.

Para peneliti, ahli teknologi dan penyandang dana inisiatif hutan cerdas yang dipimpin oleh masyarakat harus terbuka terhadap kemungkinan kegagalan eksperimen. Agar teknologi yang dipimpin oleh masyarakat dapat berkembang secara efektif, praktik-praktik inovasi harus terhubung dengan hubungan sosial-politik. Masyarakat juga harus merasa dapat berbagi praktik-praktik kritis, ketidakpastian, dan isu-isu yang sedang berlangsung sehubungan dengan penelitian uji coba dan inovasi, tanpa adanya ancaman penarikan dana.

6. Memfasilitasikolaborasi interdisipliner dan multi-aktor dalam penggunaan teknologi kehutanan di berbagai tingkat tata kelola

Masyarakat harus dilibatkan dalam pengambilan keputusan mengenai teknologi hutan cerdas tidak hanya di tingkat lokal tetapi juga di tingkat nasional. Hal ini memungkinkan keterlibatan yang lebih adil dan memungkinkan masyarakat untuk mendidik negara, karena mereka sering kali paling tahu tentang wilayah mereka dan mendapat informasi tentang cara-cara efektif untuk mengamati perubahan lingkungan, mengelola hutan, dan merespons bahaya.

Penelitian kami di Chili, khususnya, menunjukkan bahwa organisasi dan sektor non-pemerintah, termasuk universitas, yayasan dan LSM, dapat memainkan peran penting dalam memperluas dan meningkatkan komponen pendidikan dan pencegahan dari pengetahuan dan ketanggapan terhadap kebakaran hutan. Anggota masyarakat dan peserta Sekolah Lapang juga menyarankan agar

universitas lebih berperan dalam memfasilitasi pengamatan yang dialogis dan berorientasi pada masyarakat, serta mendukung jaringan masyarakat dan pengamatan lingkungan mereka.

Akhirnya, para peserta dan narasumber mencatat bahwa kementerian-kementerian di Chili dapat lebih bersatu untuk memahami masalah lingkungan hidup dalam kompleksitasnya, bukan hanya pada satu isu saja. Kolaborasi multi-aktor ini dapat difasilitasi melalui mekanisme partisipatif seperti lokakarya atau Sekolah Lapangan, yang mempertemukan peserta dari berbagai skala pemerintahan. Kesadaran refleksif akan peran dan posisi harus didorong selama diskusi-diskusi ini.

7. Diversifikasi penyedia teknologi dan mendorong kepemilikan teknologi dan infrastruktur oleh publik atau masyarakat

Teknologi kehutanan sering kali bergantung pada aktor dan jaringan swasta. Hal ini dapat membuat inisiatif hutan cerdas yang dipimpin oleh negara dan masyarakat menjadi rentan terhadap pelaku pasar tunggal. Kepemilikan publik atas teknologi dan infrastruktur teknologi dapat membuat proyek hutan cerdas dan departemen lingkungan hidup negara bagian menjadi lebih tangguh. Dengan tidak adanya kepemilikan publik, proyek teknologi hutan yang dipimpin oleh masyarakat mungkin akan lebih baik untuk mendiversifikasi penyedia teknologi swasta. Pada akhirnya, terdapat kebutuhan akan teknologi yang lebih dialogis, edukatif, dan berorientasi pada komunikasi untuk meningkatkan respons terhadap perubahan lingkungan hutan, dan untuk keragaman yang lebih besar dari masyarakat.

Perlawanan terhadap monopoli dan ekspansi berlebihan perusahaan teknologi menjadi tema penting yang berulang dalam lokakarya pemangku kepentingan kami di Kew Gardens. Para peserta menyuarakan keprihatinan mereka terhadap dominasi perusahaan teknologi besar dalam membentuk teknologi digital, serta menyerukan agar desain, kepemilikan, dan tata kelola data, perangkat, serta

infrastruktur dilakukan secara lebih demokratis. Rantai pasokan harus etis dan berkelanjutan, alat-alat yang digunakan harus responsif terhadap konteks lokal, dan kolaborasi lintas sektor harus diprioritaskan guna memastikan manfaat bagi masyarakat serta kepemilikan atas teknologi dan infrastruktur.

Temuan dan usulan kami selaras dengan agenda kebijakan lingkungan dan iklim yang sudah ada di tingkat internasional, nasional, dan regional. Mulai dari mitigasi iklim hingga konservasi keanekaragaman hayati, tata kelola digital, dan partisipasi masyarakat, teknologi kehutanan yang dipimpin oleh masyarakat dapat melengkapi dan memperluas tata kelola serta tindakan lingkungan.

Ketujuh usulan ini menyarankan cara-cara bagi masyarakat, pembuat kebijakan, praktisi kehutanan, peneliti, dan ahli teknologi untuk bersama-sama merancang strategi teknologi kehutanan guna memastikan praktik perancangan dan tata kelola yang lebih adil. Pada gilirannya, pendekatan semacam itu dapat meningkatkan efektivitas, kesesuaian, dan legitimasi teknologi kehutanan, sekaligus memastikan bahwa teknologi tersebut peka terhadap konteks dan berakar pada realitas lokal.

Film *Smart Forests* yang menunjukkan anggota masyarakat Van Gujjar yang terlibat dalam pemetaan partisipatif kawasan hutan. Uttarakhand, India. Mind the Film dengan Smart Forests, 2025.

Film *Smart Forests* yang menunjukkan kawasan konservasi Bosque Pehuén. La Araucanía, Chili. Jennifer Gabrys dengan Smart Forests, 2023.

9 Kesimpulan

Dalam konteks perubahan iklim dan hilangnya keanekaragaman hayati, hutan di seluruh dunia semakin dimobilisasi untuk memenuhi target lingkungan karena hutan merupakan kontributor utama bagi keanekaragaman hayati, air, udara, dan siklus karbon. Untuk memenuhi dan memverifikasi target-target ini, pemerintah, ahli teknologi, peneliti, LSM, sektor publik dan swasta, serta masyarakat mengerahkan teknologi digital untuk mengelola, memantau, dan mengubah hutan. Mulai dari LiDAR yang digunakan untuk memantau penyimpanan karbon hingga kembaran digital untuk memodelkan skenario hutan di masa depan, serta kamera perangkap untuk memantau spesies hutan dan penginderaan jarak jauh untuk mendeteksi deforestasi, telah terjadi peningkatan digitalisasi lingkungan hutan. Teknologi digital seperti drone, jaringan sensor, dan pembelajaran mesin juga digunakan untuk manajemen bencana, misalnya, untuk mencegah, mendeteksi, dan memadamkan kebakaran hutan.

Meskipun telah banyak penelitian yang dilakukan untuk menggunakan dan meningkatkan teknologi digital di hutan, dampak sosial-politik dari teknologi hutan cerdas belum sepenuhnya dieksplorasi. Kelompok penelitian Smart Forests telah berupaya berkontribusi pada topik ini melalui pemindaian literatur, wawancara, studi kasus, Sekolah Lapang, lokakarya kreatif, dan penelitian kepustakaan. Kami telah bergulat secara khusus dengan dampak yang ditimbulkan oleh teknologi-teknologi ini terhadap masyarakat. Dalam prosesnya, kami menemukan bahwa hutan cerdas dapat mengubah keterlibatan dan mata pencaharian; teknologi sering kali tidak terdistribusi secara

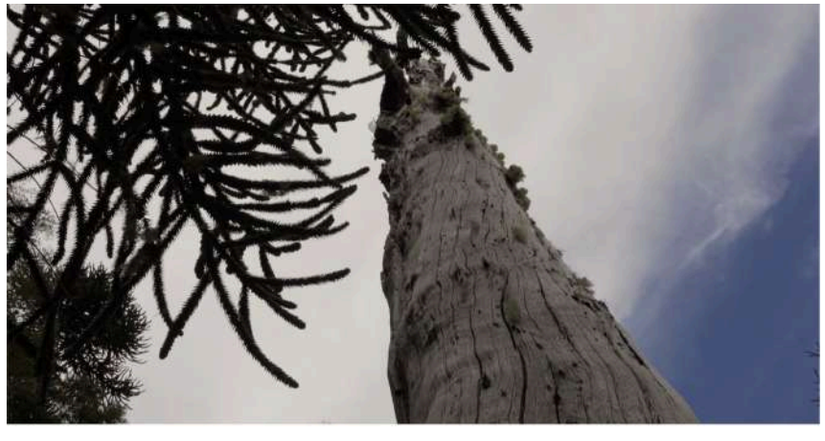
merata di seluruh masyarakat dan memperparah kekurangan sumber daya; dan hutan cerdas dapat mengubah tata kelola lingkungan dan membentuk kembali dinamika kekuasaan antara masyarakat, negara, dan perusahaan teknologi. Kami juga menemukan bahwa teknologi hutan cerdas dapat memperkuat dan memfasilitasi jaringan hutan, termasuk dengan berbagi pengetahuan tentang praktik-praktik kehutanan.

Penelitian dan hasil penelitian kami bertujuan untuk mengedepankan temuan-temuan kami mengenai dampak sosial-politik dari hutan cerdas dan untuk mengajukan rekomendasi mengenai bagaimana proyek dan inisiatif semacam itu dapat dipimpin oleh masyarakat, efektif, dan adil. Hal yang sangat penting dalam keterlibatan masyarakat yang adil adalah mengakui bahwa teknologi digital berada di samping teknik dan infrastruktur selain digital. Teknik-teknik ini dapat mencakup teknologi leluhur, lokal, ekologi, atau teknologi hutan analog. Keterlibatan dengan pengetahuan yang dihasilkan oleh teknologi digital secara terpisah akan mengaburkan cara-cara lain yang relevan untuk mengetahui dan menghuni lingkungan hutan.

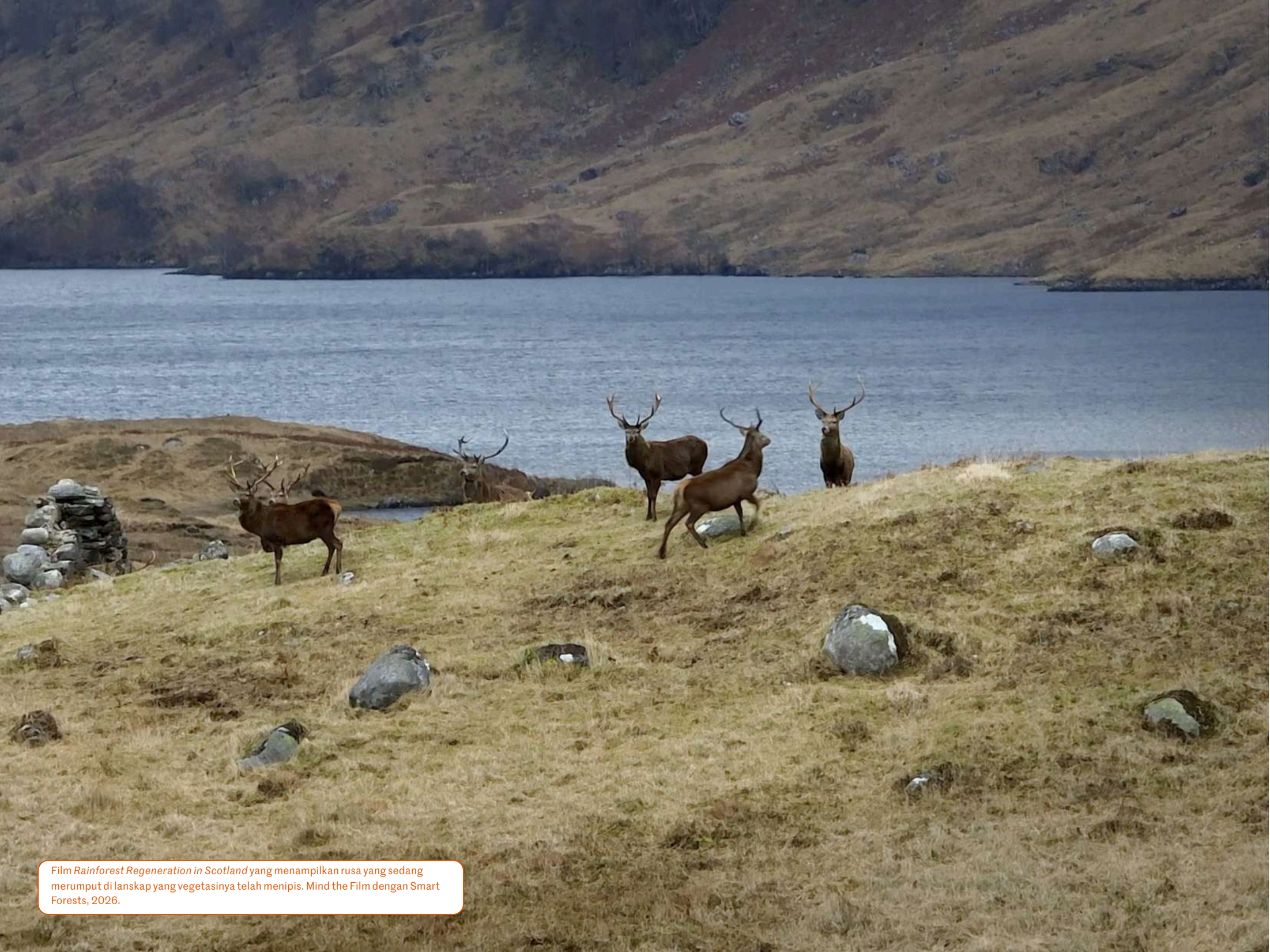
Meskipun teknologi ini seringkali disertai dengan ambisi positif untuk memantau, melindungi, dan bahkan menciptakan lingkungan, teknologi hutan cerdas tidak hanya memiliki konsekuensi sosial yang merusak, tetapi juga dampak lingkungan yang berbahaya. Kajian literatur dan wawancara kami menekankan bagaimana teknologi ini mengkonsumsi energi, baik melalui penyimpanan data, produksi dan pengoperasian perangkat, atau pemasangan infrastruktur. Produksi perangkat keras sering kali bergantung pada industri ekstraktif untuk komponen-komponennya, seperti logam tanah jarang. Teknologi hutan cerdas juga menghasilkan limbah elektronik, yang berkontribusi terhadap polusi dan puing-puing di seluruh siklus hidup elektronik, termasuk dengan menambah puing-puing satelit yang sudah tidak terpakai yang mengorbit di Bumi. Selain itu, salah satu narasumber penelitian mempertanyakan seberapa mengganggu beberapa teknologi pemantauan dalam ekosistem dan menyatakan bahwa perangkat seperti kamera jebakan dapat memengaruhi perilaku spesies di lingkungan. Kami melihat topik-topik ini sebagai area yang memerlukan penelitian lebih lanjut.

Kelompok penelitian Smart Forests terus terlibat dan berbagi hasil penelitian dan keluaran dengan lima komunitas studi kasus. Kami berharap laporan ini, bersama dengan materi Smart Forests kami yang lain, dapat berkontribusi dalam membangun komunitas praktik di mana teknologi hutan cerdas diterapkan secara kritis, efektif, dan demokratis. Kami menyambut baik keterlibatan dengan temuan dan rekomendasi kami, baik di dalam maupun di luar kalangan teknis atau akademis. Selain laporan ini, kami mendorong keterlibatan yang lebih luas dengan temuan-temuan kami melalui sumber-sumber yang ditandai di bawah ini dan melalui situs web, radio, film, dan Smart Forests Atlas interaktif kami. Jika Anda ingin mendiskusikan penelitian kami lebih lanjut, silakan hubungi kami di: info@smartforests.net.

Pemandangan drone *Smart Forests* dari Hutan Bukit Barisan. Bujang Raba, Indonesia. Mind the Film dengan Smart Forests, 2025.



Film *Smart Forests* menampilkan pemandangan pohon araucaria di kawasan konservasi Bosque Pehuén. La Araucanía, Chili. Mind the Film dengan Smart Forests, 2025



Film *Rainforest Regeneration in Scotland* yang menampilkan rusa yang sedang merumput di lanskap yang vegetasinya telah menipis. Mind the Film dengan Smart Forests, 2026.

10 Ucapan terima kasih

Proyek ini telah menerima dana dari European Research Council (ERC) di bawah program penelitian dan inovasi Horizon 2020 Uni Eropa (perjanjian hibah No. 866006), dan Social Science Impact Fund (SSIF) dari University of Cambridge.

Konteks yang lebih luas dari penelitian ini dikembangkan melalui wawancara kolektif yang dilakukan oleh kelompok peneliti Smart Forests, termasuk Kate Lewis Hood, Max Ritts, dan Danilo Urzedo. Terima kasih kepada Yvonne Martin-Portugues yang telah menyediakan administrasi proyek dan dukungan bagi proyek Smart Forests, dan kepada Noel Chung yang telah berkontribusi dalam pemeliharaan dan dukungan berkelanjutan terhadap Atlas Smart Forests, serta kepada Common Knowledge atas desain dan pengembangan Atlas Smart Forests, dan kepada para kontributor Atlas yang telah menambah wawasan mengenai perkembangan hutan dan teknologi. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Mind the Film yang telah membuat film proyek *Smart Forests*, yang beberapa gambarnya kami sertakan dalam laporan ini.

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada masyarakat yang telah berkontribusi dalam penelitian, acara, perjalanan, dan Sekolah Lapangan yang menjadi dasar laporan ini, termasuk Fundación Mar Adentro: Bosque Pehuén, Bárbara Acevedo, Sebastián Carrasco, Maya Errázuriz, Felipe Guarda, Madeline Hurtado, Pamela Iglesias, Amerindia Jaramillo, Fernanda López Quilodrán, Valeria Palma, Gianna Salamanca, Pablo González Rivas, Paula Tiara Torres, Amparo Irarrázaval Bustos, Bernardita Pérez, María Jesús Olivos, Violeta Bustos, Roberto Raimann; Universidad de la Frontera: Paola Arroyo Vargas, Andrés Fuentes, Carolina Navarrete González, Álvaro Sanhueza; Villarrica National Park: Felipe Ortega; Agencia de Borde: Maria Rosario Montero, Sebastian Melo, Paula Salas; Altos de Cantillana: Fernanda Romero; Arturo Ahumada; KKI Warsi: Emmy Primadona, Famila Juniarti, Jupni, Junaedi, Ihsan, Khairunas; Ecodorp Boekel, Ad Vlems, Marieke Meesters, Marten Schoonman, Boudewijn Toornt, Sanne Raes, Annemarie Hendriksen, Ali Mutahar, Katten Cluster, Huismussen Knot, Biodiversiteitsliefhebbers; Van Gujjar Tribal Yuva Sangathan: Mohammad Meer Hamza, Pranav Menon; ; Argyll and the Isles Coast and Countryside Trust: Julie Young, Philippa McKee, Angharad Ward; Ardura Community Forest: Rachel French; Arkaig Community Forest and the Woodland Trust: Jared Child, Liam Wright; Appin Rainforest Regeneration project: Gordon Gray Stephens; Scottish Association for Marine Science (SAMS): Niall Burnside; para peserta lokakarya pertukaran pengetahuan dari: Argyll Countryside Trust, Auto Spray Systems, Defra, European Forest Institute, Forest Research, Llais y Goedwig, Mozaic Earth, National Trust, Natural History Museum, Royal Botanic Gardens, Kew, Sylvera, TreesAI, UNEP-WCMC, Zulu (Zora) Ecosystems.

11 Referensi dan sumber daya

Allan, Sarah. “What Role for Government? A Practical Guide to the Types, Roles and Spaces of Public Engagement on Climate.” Involve. September 2023. https://involve.org.uk/sites/default/files/uploads/docuemnt/What%20role%20for%20government%20-%20a%20practical%20guide%20to%20the%20types%2C%20roles%20and%20spaces%20of%20public%20engagement%20on%20climate.pdf.

Alliance for Scotland’s Rainforest. https://savingscotlandsrainforest.org.uk.

Amazon Environmental Research Institute (IPAM). “SOMAI.” https://atlas.smartforests.net/en/radio/ipam-somai.

Araos, Francisco, Jaime Cursach, Florencia Diestre, Joaquin Almonacid, and Wladimir Riquelme Maulén. “Community Sentinels. Methodology Guide for Community Participatory Monitoring.” Citizen Science Laboratory, Los Lagos University. 2021. https://qesclimatejustice.info.yorku.ca/files/2022/07/Guía-Metodológica-Inglés-2022-1.pdf?x57905.

Awana Digital. “Mapeo.” https://atlas.smartforests.net/en/radio/awana-digital.

Azavea. “PhillyTreeMap.” https://atlas.smartforests.net/en/logbooks/urban-forest-maps/#phillytreemap.

Barron, Dominique, and Anna Dent. “Affordable, Accessible, and Easy-to-Use: A Radically Inclusive Approach to Building a Better Digital Society.” Promising Trouble. May 2024. https://static1.squarespace.com/static/61b777e69d4a594596081bcc/t/6656ebaff3caf658b862537a/1716972464862/AFFORDABLE-ACCESSIBLE-EASY-TO-USE-FINAL.pdf.

British Academy. “Space for Community: Strengthening our Social Infrastructure.” January 2023. https://www.thebritishacademy.ac.uk/documents/4536/Space_for_community_strengthening_our_social_infrastructure_vSUYmgW.pdf.

British Academy. “The Justice Dimensions of Extracting Energy Transition Metals from the Pacific.” July 2022. https://www.thebritishacademy.ac.uk/documents/4200/Just-transitions-justice-dimensions-extracting-energy-metals-pacific.pdf.

British Academy. “Understanding the Role of Place in Environmental Sustainability: A Summary of Insights from Where We Live Next Commissioned Research.” March 2023. https://doi.org/10.5871/where-we-live-next/role-of-place-in-environmental-sustainability.

BurnBot. “BurnBot.” https://atlas.smartforests.net/en/radio/burnbot/.

Célia Xakriabá and Tukumã Pataxó. “Papo de Parente Podcast.” https://atlas.smartforests.net/en/logbooks/indigenizing-podcasts-in-brazil/#papo-de-parente-podcast.

Climate Outreach. “Indigenous Media Presence: Climate Imagery, Land Use and Indigenous Peoples in Central and South America.” September 2021. https://climateoutreach.org/reports/indigenous-media-presence-report.

Climate Outreach. “Supporting Public Engagement on Climate Change – A Guide for Grant-makers.” October 2023. https://climateoutreach.org/reports/public-engagement-philanthropy/.

Coldicutt, Rachel, and Anna Dent. “The Case for Community Tech.” Promising Trouble. September 2022. https://www.powertochange.org.uk/wp-content/uploads/2022/09/PTC_3912_Community_Tech_Report_FINAL-1.pdf.

Dave, Radhika, Carole Saint-Laurent, Lara Murray, et al. “Second Bonn Challenge Progress Report: Application of the Barometer in 2018.” 2019. https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.06.en.

Department of Environment, Food and Rural Affairs Social Science Expert Group (Defra SSEG). *Review of Public Engagement*. October 2022. https://www.gov.uk/government/publications/review-of-public-engagement.

Durham University and Durham Wildlife Trust. “MammalWeb.” https://atlas.smartforests.net/en/logbooks/citizen-science-platforms/#mammalweb.

Earthwatch Europe. “Tiny Forest.” https://atlas.smartforests.net/en/logbooks/tiny-forest.

Engine Room Library. “Rainforest Technology Primer.” Accessed 2025. https://library.theengineroom.org/rainforest-tech.

Food and Agriculture Organization, International Labour Organization, United Nations Economic Commission for Europe. “Occupational Safety and Health in the Future of Forestry Work.” 2023. https://doi.org/10.4060/cc6723en.

Gabrys, Jennifer, Michelle Westerlaken, and Yuti Ariani Fatimah. “Actually Existing Smart Forests: A Proposal for Pluralizing Eco-Technical Worlds.” In the special issue, “The Forest Multiple: Composing and Digitalizing Wooded Worlds,” *Environment and Planning F: Philosophy, Theory, Models, Methods and Practice* (July 2024): 1-23. https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/26349825241264393.

Gabrys, Jennifer, Michelle Westerlaken, Danilo Urzedo, Max Ritts, and Trishant Simlai. “Reworking the Political in Digital Forests: The Cosmopolitics of Socio-technical Worlds.” *Progress in Environmental Geography* 1, nos. 1-4 (December 2022): 58-83. http://sage.cnpereading.com/paragraph/article/?doi=10.1177/27539687221117836.

Gabrys, Jennifer. “Smart Forests and Data Practices: From the Internet of Trees to Planetary Governance.” *Big Data & Society* 7, no. 1 (February 2020): 1-10. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2053951720904871.

Gilman, Michele. “Democratizing AI: Principles for Meaningful Public Participation.” Data & Society. September 2023. https://datasociety.net/wp-content/uploads/2023/09/DS_Democratizing-AI-Public-Participation-Brief_9.2023.pdf.

Kitson, Nikki, and Matt Wilson. “Mobile Technology for Participatory Forest Management.” GSMA. 2021. https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/mobile-for-development/wp-content/uploads/2021/07/Mobile_Technology_for_Participatory_Forest_Management_Web_Singles.pdf.

Kumar, Amit. “CBD’s Global Biodiversity Outlook 5: Final Assessment of Aichi Biodiversity Targets and Beyond.” *Asian Biotechnology and Development Review* Vol. 22, No.2&3 (2020): 5-20. https://newasiaforum.ris.org.in/sites/newasiaforum.ris.org.in/files/ris-diary/ABDR-November%202020.pdf#page=11.

Lewis Hood, Kate, and Jennifer Gabrys. “Keeping Time with Digital Technologies: From Real-Time Environments to Forest Futurisms.” *Environment and Planning D: Society and Space* 42, issue 2 (February 2024): 252-274. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/02637758241229896.

Lindner, Marcus, Kristina Blennow, Blujdea Viorel, et al. “EIP-AGRI Focus Group: Forest Practices & Climate Change. New Forest Practices and Tools for Adaptation and Mitigation of Climate Change.” European Commission. 2019. https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eip-agri_fg_forest_practices_climate_change_final_report_2018_en.pdf.

"Lost Rainforests of Britain" map. https://lostrainforestsofbritain.org/2022/12/13/public-create-map-of-britains-lost-rainforests.

Martin, Adrian, David Brown, and Janet Fisher. “Socially Just Landscape Restoration in the Scottish Highlands.” The Just Scapes project. May 2023. https://cdn.sanity.io/files/wql58zs5/production/2cdd7578a31dc0a353323dca2f811c38c4cde15b.pdf.

Mind the Film with Smart Forests. *Forest Technologies Workshop: Co-creating Environmental Knowledge and Practice film*. United Kingdom, 2026. 2min., 36 sec. https://smartforests.net/kew-workshop-film.

Mind the Film with Smart Forests. *Rainforest Regeneration in Scotland: Communities and Technologies film*. United Kingdom, 2026. 11 min., 41 sec. https://smartforests.net/rainforest-regeneration-film.

Mind the Film with Smart Forests. *Smart Forests film*. United Kingdom, 2025. 21 min., 5 sec. https://smartforests.net/smart-forests-film.

Monitoring of the Andes Amazon Program (MAAP). “Monitoring of the Andean Amazon Program (MAAP).” https://atlas.smartforests.net/en/logbooks/monitoring-of-the-andean-amazon-program-maap.

Moriniere, Sasha, Ben Snaith, Calum Inverarity, Hannah Redler-Hawes, Julie Freeman, and Jared Robert Keller. “Power, Ecology and Diplomacy in Critical Data Infrastructures.” Open Data Institute. April 2023. https://doi.org/10.61557/hqez4271.

Nabuurs, Gert-Jan, Philippe Delacote, David Ellison, et al. “A New Role for Forests and the Forest Sector in the EU post-2020 Climate Targets.” From Science to Policy 2. 2015. https://doi.org/10.36333/fs02.

NatureScot, Forestry and Land Scotland, and Gaelic Place-Names of Scotland. “Forgotten Woodlands (in Gaaelic Coilltean Caillte).” https://atlas.smartforests.net/en/logbooks/forgotten-woodlands.

Rainforest Foundation Norway, and the Engine Room. “Rainforest Protection and Responsible Investment: A Quick-start Guide to Improving Companies’ Behaviour in Rainforests by Influencing Investors.” The Engine Room. June 2016. https://www.theengineroom.org/wp-content/uploads/2016/07/Rainforest-protection-and-responsible-investment.pdf.

Rainforest Foundation UK. “The Mapping for Rights Methodology: a New Approach to Participatory Mapping in the Congo Basin.” 2015. https://www.mappingforrights.org/wp-content/uploads/2020/04/RFUK-mapping-for-rights-methodology.pdf.

Rainforest Foundation US. “Rainforest Alert.” https://atlas.smartforests.net/en/logbooks/monitoring-tools-for-indigenous-territory-in-the-amazon/#rainforest-alert.

Ritts, Max, Trishant Simlai, and Jennifer Gabrys. “The Environmentality of Digital Acoustic Monitoring: Emerging Formations of Spatial Power in Forests.” *Political Geography* 110 (April 2024): 103074. https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2024.103074.

Sadan, Mandy, Dan Smyer Yü, Dan Seng Lawn, David Brown, and Ronghui (Kevin) Zhou. “Rare Earth Elements, Global Inequalities and the ‘Just Transition.’” The British Academy. July 2022. https://www.thebritishacademy.ac.uk/documents/4203/Just-transitions-rare-elements-global-inequalities.pdf.

Sharma, Neha, Sanjan Sabherwal, Ben Peppiatt, Nina Cutler, and Amy Ramdehal. “Using Experimental Methods to Reimagine Decision-making for the Freshwater System, Post 2043.” Policy Lab. February 2024. https://openpolicy.blog.gov.uk/2024/02/07/using-experimental-methods-to-reimagine-decision-making-for-the-freshwater-system-post-2043.

Shrubsole, Guy. *The Lost Rainforests of Britain*. HarperCollins UK, 2022.

Simlai, Trishant, and Chris Sandbrook. “The Gendered Forest: Digital Surveillance Technologies for Conservation and Gender-Environment Relationships.” In the special issue, “The Forest Multiple: Composing and Digitalizing Wooded Worlds,” *Environment and Planning F: Philosophy, Theory, Models, Methods and Practice.* (November 2024). https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/26349825241283837.

Smart Forests and Fundación Mar Adentro. *Ecologies of Fire / Ecologías del Fuego.* Cambridge, UK, and Santiago, CL, 2026. https://doi.org/10.17863/CAM.129356.

Smart Forests. “Smart Forests Atlas.” https://atlas.smartforests.net.

Smart Forests. “Smart Forests: Publications.” https://smartforests.net/publications.

Smart Forests. “Smart Forests Atlas: Radio.” https://atlas.smartforests.net/en/radio.

Smart Forests. “Smart Forests Atlas: Stories.” https://atlas.smartforests.net/en/stories.

The Forest Curriculum. “The Forest Curriculum.” https://atlas.smartforests.net/en/logbooks/the-forest-curriculum.

The Redário platform. “The Redário platform.” https://atlas.smartforests.net/en/logbooks/brazils-seed-networks/#redario.

The Yurok Tribe. “The Yurok Tribe Environmental Programme.” https://atlas.smartforests.net/en/logbooks/yurok-tribe-environmental-program/#yurok-tribe-carbon-offsetting.

Torresan, Chiara, Marta Benito Garzón, Michael O’Grady, et al. “A New Generation of Sensors and Monitoring Tools to Support Climate-smart Forestry Practices.” *Canadian Journal of Forest Research* 51 (March 2021): 1751-65. https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0295.

UCL. “UCL ExCiteS.” https://atlas.smartforests.net/en/logbooks/participatory-mapping-in-the-republic-of-the-congo/#participatory-monitoring-in-the-republic-of-the-congo-with-excites.

UK FCDO. “Frontier Tech Hub.” https://atlas.smartforests.net/en/logbooks/frontier-tech-hub.

United Nations Climate Change Conference 2021. “Glasgow Leaders’ Declaration on Forests and Land Use.” Archived April 18, 2023. https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/20230418175226/https://ukcop26.org/glasgow-leaders-declaration-on-forests-and-land-use.

United Nations. “New York Declaration on Forests (2014).” Climate Summit. 2014. https://forestdeclaration.org/wp-content/uploads/2021/08/NYDF_Declaration.pdf.

Urzedo, Danilo, Michelle Westerlaken, and Jennifer Gabrys. “Digitalizing Forest Landscape Restoration: A Social and Political Analysis of Emerging Technological Practices.” *Environmental Politics* 32, no. 3 (July 2022), 485-510. https://doi.org/10.1080/09644016.2022.2091417.

USDA Forest Service. “i-Tree.” https://atlas.smartforests.net/en/logbooks/i-tree.

Westerlaken, Michelle, Jennifer Gabrys, and Danilo Urzedo. “Digital Gardening with a Forest Atlas: Designing a Pluralistic and Participatory Open-Data Platform.” *PDC '22: Proceedings of the Participatory Design Conference 2022* 2 (August 2022): 25-32. https://doi.org/10.1145/3537797.3537804.

Westerlaken, Michelle, Jennifer Gabrys, Danilo Urzedo, and Max Ritts. “Unsettling Participation by Foregrounding More-Than-Human Relations in Digital Forests.” *Environmental Humanities* 15, no. 1 (2023): 87–108. https://doi.org/10.1215/22011919-10216173.

Westerlaken, Michelle. “Digital Twins and the Digital Logics of Biodiversity.” *Social Studies of Science* 54, no. 4 (March 2024). https://doi.org/10.1177/03063127241236809.

World Resources Institute. “Global Forest Watch.” https://atlas.smartforests.net/en/logbooks/global-forest-watch/.

Tentang Smart Forests

Proyek Smart Forests (“Hutan Cerdas”) dipimpin oleh Profesor Jennifer Gabrys dan merupakan bagian dari kelompok penelitian Planetary Praxis yang berbasis di Departemen Sosiologi Universitas Cambridge. Proyek ini pada dasarnya didanai oleh European Research Council (ERC). Proyek ini menyelidiki dampak sosial-politik dari teknologi digital yang semakin banyak mengatur, mengelola, dan memantau hutan di seluruh dunia, dan menanyakan bagaimana hutan dibentuk kembali oleh teknologi ini. Memadukan kajian sains dan teknologi (STS) dan kajian media digital, penelitian mengenai teknologi digital ini mengikuti tema-tema observasi, partisipasi, datafikasi, otomatisasi dan optimalisasi, serta regulasi dan transformasi. Dengan mengeksplorasi bagaimana berbagai teknologi hutan cerdas berdampak pada hubungan sosial, politik dan ekologi, proyek ini pada akhirnya berusaha untuk menyarankan kemungkinan kebijakan dan praktik digital dan lingkungan yang lebih adil.

Untuk informasi lebih lanjut mengenai proyek Smart Forests atau untuk mendalami cerita, contoh, dan wawancara yang disebutkan dalam laporan ini, kunjungi **https://atlas.smartforests.net** dan **https://smartforests.net**.

Untuk menonton film pendek tentang proyek Smart Forests, kunjungi **https://smartforests.net/smart-forests-film**.

Untuk membaca Logbook tentang Smart Forests, kunjungi **https://atlas.smartforests.net/en/logbooks**.

Untuk mendengarkan podcast Smart Forests Radio, kunjungi **https://atlas.smartforests.net/en/radio**.

Untuk menjelajahi Peta Smart Forests, kunjungi **https://atlas.smartforests.net/en/map**.

Anda juga diundang untuk menyumbangkan materi yang relevan untuk Atlas kami jika Anda ingin mendaftar sebagai kontributor. Informasi lebih lanjut tersedia di **https://atlas.smartforests.net**.

Hak Cipta

Materi Smart Forests bebas digunakan untuk tujuan non-komersial (dengan atribusi) di bawah lisensi CC BY-NC-ND 4.0.

Untuk mengutip laporan ini: Hamilton-Jones, Phoebe, Jennifer Gabrys, Michelle Westerlaken, Yuti Ariani Fatimah, Trishant Simlai, dan Noel Chung, *Teknologi Hutan yang Dipimpin Masyarakat: Akhir Sementara Hutan Cerdas* (1 Oktober 2026), https://publications.smartforests.net/in/forest-technologies-final-report.

Kredit

Font: Monaco, Marr (Tipe Kmersial)
Proses desain: Web untuk dicetak dengan paged.js
Desain grafis: Angeline Ostinelli dan Sarah Garcin
Pemrograman: Sarah Garcin

Proyek Smart Forests (“Hutan Cerdas”) dipimpin oleh Profesor Jennifer Gabrys dan merupakan bagian dari kelompok penelitian Planetary Praxis yang berbasis di Departemen Sosiologi Universitas Cambridge. Proyek ini pada dasarnya didanai oleh European Research Council (ERC). Proyek ini menyelidiki dampak sosial-politik dari teknologi digital yang semakin banyak mengatur, mengelola, dan memantau hutan di seluruh dunia, dan menanyakan bagaimana hutan dibentuk kembali oleh teknologi ini. Memadukan kajian sains dan teknologi (STS) dan kajian media digital, penelitian mengenai teknologi digital ini mengikuti tema-tema observasi, partisipasi, datafikasi, otomatisasi dan optimalisasi, serta regulasi dan transformasi. Dengan mengeksplorasi bagaimana berbagai teknologi hutan cerdas berdampak pada hubungan sosial, politik dan ekologi, proyek ini pada akhirnya berusaha untuk menyarankan kemungkinan kebijakan dan praktik digital dan lingkungan yang lebih adil.

Untuk informasi lebih lanjut mengenai proyek Smart Forests atau untuk mendalami cerita, contoh, dan wawancara yang disebutkan dalam laporan ini, kunjungi **atlas.smartforests.net** dan **smartforests.net**.