

ISSN 3090-8485

ORASI ILMIAH: RISET DAN INOVASI

**TRANSFORMASI DAERAH ALIRAN SUNGAI
MENUJU LANSKAP REGENERATIF MELALUI
IMPLEMENTASI SISTEM SOSIO-TEKNIS BERBASIS
DAYA DUKUNG DAN DAYA TAMPUNG**

ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET
ILMU : LINGKUNGAN
BIDANG : PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI
**KEPAKARAN : PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI
DAN GEOINFORMATIKA**



HUNGGUL YUDONO SETIO HADI NUGROHO

BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL

ISSN 3090-8485

**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET
ILMU : LINGKUNGAN
BIDANG : PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI
KEPAKARAN : PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI
DAN GEOINFORMATIKA**

Diterbitkan pertama pada 2026 oleh Penerbit BRIN

Tersedia untuk diunduh secara gratis: penerbit.brin.go.id



Buku ini di bawah lisensi Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0).

Lisensi ini mengizinkan Anda untuk berbagi, mengopi, mendistribusikan, dan mentransmisi karya untuk penggunaan personal dan bukan tujuan komersial, dengan memberikan atribusi sesuai ketentuan. Karya turunan dan modifikasi harus menggunakan lisensi yang sama.

Informasi detail terkait lisensi CC BY-NC-SA 4.0 tersedia melalui tautan:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



ISSN 3090-8485

**TRANSFORMASI DAERAH ALIRAN SUNGAI
MENUJU LANSKAP REGENERATIF MELALUI
IMPLEMENTASI SISTEM SOSIO-TEKNIS BERBASIS
DAYA DUKUNG DAN DAYA TAMPUNG**

ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET

ILMU : LINGKUNGAN

BIDANG : PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI

**KEPAKARAN : PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI
DAN GEOINFORMATIKA**

OLEH:

HUNGGUL YUDONO SETIO HADI NUGROHO

Penerbit BRIN

© 2026 Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Transformasi Daerah Aliran Sungai Menuju Lanskap Regeneratif Melalui Implementasi Sistem Sosio-Teknis berbasis Daya Dukung Daya Tampung /Hunggul Yudono Setio Hadi Nugroho. Jakarta-Badan Riset dan Inovasi Nasional. 2026.

vii + 114 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISSN 3090-8485

- | | |
|------------------------|-----------------|
| 1. Pengelolaan DAS | 2. Transformasi |
| 3. Lanskap regeneratif | 4. Implementasi |
| 5. Sosio-teknis | |

333.91

Copy editor : S. Imam Setyawan
Proofreader : Martinus Helmiawan
Penata Isi : S. Imam Setyawan
Desainer Sampul : S. Imam Setyawan




Diterbitkan oleh:

Penerbit BRIN, Anggota Ikapi
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung B.J. Habibie Lt. 8, Jl. M.H. Thamrin No.8,
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
Whatsapp: +62 811-1064-6770

E-mail: penerbit@brin.go.id

Website: penerbit.brin.go.id

 PenerbitBRIN

 @Penerbit_BRIN

 @penerbit.brin

DAFTAR ISI

| | |
|--|----|
| DATA RINGKAS | 1 |
| PRAKATA PENGUKUHAN | 5 |
| I. PENDAHULUAN | 7 |
| II. SEJARAH IPTEK PENGELOLAAN DAS | 11 |
| A. Era Sebelum 1900 | 11 |
| B. Era fondasi pengembangan ilmu DAS (1900-1950)..... | 12 |
| C. Era Pengembangan Teori dan Model Pengelolaan DAS Kprehensif (1950–1970) | 13 |
| D. Era Pengelolaan DAS (1970–1990) | 13 |
| E. Era Pengelolaan Sumber Daya Hutan Berbasis Masyarakat dan Partisipatif (1990–2010)..... | 14 |
| F. Era Kemajuan Teknologi Cerdas (2010–Sekarang)..... | 16 |
| III. DINAMIKA PENGELOLAAN DAS TERKINI DAN TANTANGAN MENUJU LANSKAP REGENERATIF | 19 |
| A. Dinamika pengelolaan DAS terkini..... | 20 |
| B. Tantangan menuju lanskap regeneratif..... | 22 |
| IV. IMPLEMENTASI SISTEM SOSIO-TEKNIS BERBASIS DAYA DUKUNG DAN DAYA TAMPUNG | 27 |
| A. Daya dukung dan daya tampung DAS sebagai fondasi pengelolaan berbasis batas alam..... | 27 |
| B. Sistem sosio-teknis : integrasi dinamis antara teknologi, masyarakat, dan lingkungan..... | 28 |
| C. Implementasi sistem sosio-teknis dalam skala DAS Mikro sebagai unit transformasi: Menggiatkan partisipasi melalui penguatan konteks lokal | 30 |

| | |
|---|----|
| V. INOVASI TEKNOLOGI DAN KONTRIBUSI KEBIJAKAN | 45 |
| A. Inovasi teknologi untuk mendukung perencanaan dan monitoring DAS..... | 45 |
| B. Kontribusi Kebijakan | 53 |
| VI. KESIMPULAN | 55 |
| VII. PENUTUP..... | 57 |
| | |
| UCAPAN TERIMA KASIH | 59 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 63 |
| DAFTAR CAPAIAN DALAM BIDANG IPTEK, RISET, DAN INOVASI | 77 |
| DAFTAR PUBLIKASI LAINNYA..... | 93 |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP..... | 95 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1. Info grafis gagasan utama naskah orasi..... | 9 |
| Gambar 2. Tujuh prinsip lanskap regeneratif..... | 23 |
| Gambar 3. Rorak pada lahan hortikultura di Gowa | 33 |
| Gambar 4. Tanaman ubi jalar untuk pakan ternak di Toraja | 34 |
| Gambar 5. Model jalur gamal sebagai sumber hijauan ternak | 36 |
| Gambar 6. KOMBI dan pondok pengering hybrid..... | 40 |
| Gambar 7. Model pengelolaan hutan berbasis PLTMH | 41 |
| Gambar 8. Konsep <i>perpetual motion</i> dalam PLTMH partisipatif..... | 42 |
| Gambar 9. Buku PLTMH dan sertifikat inovasi 2012..... | 42 |
| Gambar 10. Hasil pemetaan permasalahan dan perumusan solusi bersama masyarakat di DAS Mikro Batanguru, Mamasa | 44 |
| Gambar 11. ATHUS dan sertifikat inovasi 2010 | 49 |
| Gambar 12. Launching SI PUBER di Semarang 1 Juni 2024..... | 50 |
| Gambar 13. WaterQ terpasang di DAS Garang (A) dan DAS Ciratum Hulu (B), serta ModATHUS terpasang di DAS Garang (C)..... | 52 |



BIODATA RINGKAS



Dr. Ir. Hunggul Yudono Setio Hadi Nugroho, M.Si., lahir di Yogyakarta pada tanggal 7 November 1967, adalah anak ke 9 (sembilan) dari Bapak KRT. S. Asmoro Yudohardjoso (alm.) dan Ibu Supadmi Kumolo. Menikah dengan Ir. Yori Tammu. dan dikaruniai 3 (tiga) orang anak, yaitu dr. Marvel Khyas Pungkasaning Yudo, Aura Khyas Yudowati, S.Ds, dan Femme

Khyas Yudhani. Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor: 21/M tahun 2023 tanggal 15 Mei 2023 yang bersangkutan diangkat sebagai Peneliti Ahli Utama BRIN.

Berdasarkan Keputusan Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional Nomor 81/I/HK/2026 tanggal 10 Februari 2026 yang bersangkutan melakukan orasi pengukuhan Profesor Riset.

Menamatkan Sekolah Dasar tahun 1979; Sekolah Menengah Pertama tahun 1982; dan Sekolah Menengah Atas tahun 1985. Memperoleh gelar Sarjana Kehutanan dari Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor pada tahun 1992; gelar Magister Sains dari Program Studi Pengelolaan DAS, Institut Pertanian Bogor, tahun 2000; dan gelar Doktor bidang *Natural Resource and Geoinformatics* dari Natural Resources Department, Faculty of Geo-Information Sciences and Earth Observation pada University of Twente, Belanda tahun 2019.

Mengikuti beberapa pelatihan yang terkait dengan bidang kompetensinya, antara lain Research and Development Policy and Management for Indonesian Officials, Seoul, Korea Selatan (2002); Participatory Action Research (PAR) for Community

Based Natural Resources Management (CBNRM) Bangkok Thailand (2004) ; Governance for Forest Nature and People : Managing multi-stakeholder learning in sector program and policy processes, Wageningen University (WUR) – CIFOR, Bogor, Indonesia (2018); International Thematic Workshop on Payments for Ecosystem Services : *“How PES Serve Livelihood of Forest Community in the Southeast Asia Region?”* , Viet Nam (2014), dan APEC Workshop *“Achieving Sustainability and Resilience in Water Management of APEC Developing Economies Using Open Environmental Data”*, di Bangkok, Thailand (2025).

Jabatan fungsional peneliti diawali sebagai Teknisi Litkayasa, pada tahun 1993; Asisten Peneliti Muda tahun 1998; Asisten Peneliti Madya tahun 2001, Ajun Peneliti Muda tahun 2003, Ajun Peneliti Madya tahun 2005, Peneliti Muda tahun 2005, Peneliti Madya tahun 2007, dan memperoleh jabatan Peneliti Ahli Utama bidang Konservasi dan Pengaruh Hutan pada tahun 2023.

Menghasilkan 69 karya tulis ilmiah (KTI), baik yang ditulis sendiri maupun bersama penulis lain dalam bentuk buku, jurnal, dan prosiding. Sebanyak 34 KTI ditulis dalam bahasa Inggris, dan 35 dalam bahasa Indonesia.

Menghasilkan 11 kekayaan intelektual (KI) bersama tim peneliti BRIN maupun eksternal BRIN. Sebanyak 2 KI paten terdaftar dan 9 hak cipta telah diperoleh selama bekerja sebagai peneliti.

Ikut serta dalam pembinaan kader ilmiah, yaitu sebagai pembimbing jabatan fungsional peneliti pada Badan Litbang LHK maupun Pusat Riset Ekologi dan Etnobiologi, BRIN, pembimbing skripsi (S-1), disertasi (S-3) dan penguji disertasi (S-3) pada

Universitas Hasanuddin, Makassar, serta pembimbing skripsi (S-1) pada Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta.

Aktif dalam organisasi profesi, yaitu menjadi anggota Himpenindo (2019-2021), PPI (2022 – Sekarang), dan Asosiasi Peneliti dan Teknisi Kehutanan Indonesia tahun terhitung mulai tahun 2023.

Menerima penghargaan tingkat Nasional berupa 102 Inovasi paling prospektif dari Kementerian Riset dan Teknologi, yaitu inovasi “ATHUS : Alat Penakar Hujan sederhana untuk Mendukung Sistem Peringatan Dini Banjir” (2010); Peneliti Berprestasi Kementerian Kehutanan (2011) ; 104 Inovasi paling prospektif dari Kementerian Riset dan Teknologi, yaitu inovasi “Lestari Hutanku Terang Desaku” (2012); 5 besar ASN Inspiratif tingkat Nasional dari Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi (2018); *Lifetime Achievement Award*, pada anugerah Innovation Award Badan Litbang dan Inovasi, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2019), dan Satyalancana Karya Satya X tahun (2004), XX tahun (2015), dan XXX tahun (2023) dari Presiden Republik Indonesia.

PRAKATA PENGUKUHAN

Selamat pagi, salam sejahtera untuk kita semua.

Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional yang mulia, dan hadirin yang saya hormati

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga dalam kesempatan ini kita dapat berkumpul dan bersama-sama hadir pada acara orasi ilmiah pengukuhan Profesor Riset di Badan Riset dan Inovasi Nasional.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, dengan segala kerendahan hati, izinkan saya pada tanggal 31 Maret 2026 menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

**"TRANSFORMASI DAERAH ALIRAN SUNGAI
MENUJU LANSKAP REGENERATIF MELALUI
IMPLEMENTASI SISTEM SOSIO-TEKNIS BERBASIS
DAYA DUKUNG DAN DAYA TAMPUNG"**

I. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan sistem lanskap yang kompleks, tempat berlangsungnya interaksi biofisik, sosial, dan ekonomi dalam satu kesatuan ruang (Wang et al., 2016; Nugroho, Dewi et al., 2022). DAS berperan penting dalam menjaga ekosistem dan penyediaan air bagi kehidupan masyarakat dan pembangunan (Supangat et al., 2023). Lima dekade terakhir, kondisi DAS semakin terancam oleh perubahan iklim dan aktivitas manusia yang meningkatkan luasan lahan kritis, serta risiko erosi, banjir, longsor, dan kekeringan (Basuki et al., 2022). Berbagai upaya sudah dilakukan pemerintah, namun tantangan multidimensi dari aspek biofisik, sosial, ekonomi, maupun regulasi dan kelembagaan, mengakibatkan pengelolaan DAS belum optimal sampai dengan saat ini (Direktorat Perencanaan dan Pengawasan Pengelolaan DAS, 2022).

Dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2025-2029, dari sejumlah 4.489 DAS yang perlu dipulihkan daya dukungnya, 250 DAS diantaranya prioritas untuk dipulihkan. Meningkatnya DAS prioritas dari tahun ke tahun, dari 22 DAS yang ditetapkan pada tahun 1984, menjadi 250 DAS pada saat ini, adalah indikator bahwa pengelolaan DAS yang telah dilaksanakan selama ini belum optimal dan melampaui daya dukungnya. DAS yang sejak 1984 berstatus prioritas tetap menjadi prioritas, sementara yang sebelumnya tidak prioritas kini naik menjadi prioritas. Hal ini menunjukkan indikator kekritisitas DAS tidak berubah selama 40 tahun (Nugroho, Dewi et al., 2022). Sesuai PP No. 37/2012, daya dukung DAS adalah kemampuan DAS untuk mewujudkan kelestarian dan keserasian

ekosistem serta meningkatkan kemanfaatan sumber daya alam bagi manusia dan makhluk hidup lainnya secara berkelanjutan.

Melalui orasi ini, saya ingin mengajak kita semua untuk menggeser paradigma pengelolaan DAS dari pendekatan sektoral ke pengelolaan berbasis lanskap, dari model pengelolaan konservatif dan reaktif, menjadi regeneratif dan adaptif. Paradigma lanskap regeneratif adalah pendekatan pengelolaan lahan yang tidak hanya memulihkan, melainkan secara aktif memperkuat kapasitas ekosistem, sekaligus meningkatkan kesejahteraan sosial, dan mendorong pertumbuhan ekonomi (Gibbons et al., 2018; RICS, 2021; CBA, 2023). DAS yang produktif, sehat, dan berkelanjutan hanya bisa tercapai melalui pengelolaan terpadu berbasis lanskap (Nugroho, 2002b).

Naskah orasi ini memaparkan gagasan transformasi pengelolaan DAS menuju lansekap regeneratif melalui implementasi sistem sosio-teknis berbasis daya dukung dan daya tampung. Strukur naskah dimulai dari pemaparan sejarah IPTEK Pengelolaan DAS dari masa ke masa, dilanjutkan dengan dinamika dan tantangan DAS kontemporer, serta elaborasi implementasi sistem sosio-teknis berbasis daya dukung dan daya tampung, serta inovasi teknologi dan kontribusi kebijakan. Gagasan yang tertuang dalam naskah ini, yang merupakan saripati pemikiran yang bertumpu pada pengalaman riset lebih dari tiga dekade dan diperkaya oleh rujukan ilmiah yang relevan, disajikan dalam bentuk infografis pada Gambar 1.



Gambar 1. Info grafis gagasan utama naskah orasi

II. SEJARAH IPTEK PENGELOLAAN DAS

Sejarah IPTEK Pengelolaan DAS dapat dipilah menjadi enam era, yaitu era sebelum 1900, era fondasi pengembangan ilmu DAS (1900-1950), era pengembangan teori dan model pengelolaan DAS komprehensif (1950–1970), era pengelolaan DAS terpadu (1970-1990), era pengelolaan DAS partisipatif berbasis masyarakat (1990-2010), dan era kemajuan teknologi cerdas (2010 – sekarang).

A. Era Sebelum 1900

Sebelum tahun 1900, penelitian DAS masih dalam tahap eksplorasi dan konseptual awal. Gagasan penting pertama datang dari Bernard Palissy (c.1510 - 1589), yang mengemukakan bahwa air hujan meresap ke dalam tanah dan muncul kembali sebagai mata air (Woodford, 1958). Pada abad ke-17, Pierre Perrault membuktikan secara kuantitatif hubungan antara curah hujan dengan aliran sungai, dan dilanjutkan oleh Edme Mariotte dan Edmond Halley dengan studi tentang debit sungai dan evaporasi (Dooge, 1974).

Di Amerika, John Wesley Powell melalui eksplorasi Sungai Colorado (1870–1880-an) memperkenalkan konsep pengelolaan berbasis DAS, dan membuat peta yang dikenal sebagai peta pertama menggunakan batas DAS. Peta-peta sebelumnya sebagian besar mendefinisikan negara berdasarkan batas-batas politik atau fitur topografi (Ross, 2018). Pada saat yang sama,

pembentukan US Geological Survey (1879) memulai era pemetaan, geomorfologi, dan survey hidrologi sistematis.

Di Indonesia, pada masa ini, hutan dipandang terutama sebagai sumber kayu, tanpa banyak perhatian pada aspek hidrologi. Pergeseran terjadi pada pertengahan abad ke-19 ketika undang-undang kehutanan tahun 1865 di Jawa dan *domeinverklaring* tahun 1870 memberikan kewenangan kepada negara atas kawasan hutan yang luas. Muncul wacana hutan sebagai spons yang menyerap curah hujan, mencegah kekeringan di musim kemarau, dan mengurangi banjir dimusim hujan. Meski masih bersifat kualitatif, wacana ini menjadi dasar intelektual dan hukum bagi penelitian dan kebijakan DAS di awal abad ke-20 (Galudra & Sirait, 2009).

B. Era fondasi pengembangan ilmu DAS (1900-1950)

Era ini ditandai pergeseran penelitian DAS yang berfokus pada Konservasi Tanah dan Air (KTA) untuk mendukung pangan serta mencegah erosi dan degradasi lahan. Stasiun penelitian erosi didirikan di berbagai wilayah di Amerika Serikat (Lafren & Moldenhauer, 2003).

Di Indonesia, penelitian erosi dan konservasi tanah dimulai pada tahun 1905, bertepatan dengan berdirinya Laboratorium Perluasan Pengetahuan Tanah (Nugroho, Basuki et al., 2022). Pada akhir tahun 1936, konsep pengelolaan hulu dan hilir mulai dikenalkan, terutama untuk mengatasi banjir dan sedimentasi di pelabuhan dan sungai-sungai besar seperti Ciliwung dan Bengawan Solo (Nugroho, Indrajaya et al., 2023).

C. Era Pengembangan Teori dan Model Pengelolaan DAS Komprehensif (1950–1970)

Era ini ditandai berkembangnya pemahaman sistem hidrologi komprehensif dengan munculnya metode SCS (*Soil Conservation Services*) *Curve Number* pada akhir 1950-an untuk memprediksi limpasan hujan, khususnya di DAS pertanian kecil (Soulis, 2021). Metode ini telah digunakan secara luas karena cukup efektif meskipun memiliki keterbatasan metodologis (ARS, 2016).

Persamaan kehilangan tanah USLE (*Universal Soil Loss Equation*), pertama kali dipublikasikan pada tahun 1965 (ARS, 2016), adalah salah satu perkembangan ilmu KTA paling signifikan pada abad ke-20. USLE adalah teknologi empiris yang diterapkan di seluruh dunia untuk memperkirakan erosi lembar (Wischmeier & Smith, 1978).

Di Indonesia, banjir besar di Solo pada 1966 memicu perhatian serius pemerintah pada rehabilitasi DAS, terutama konservasi tanah dan air untuk mengendalikan erosi di hulu (Nugroho, Basuki et al., 2022).

D. Era Pengelolaan DAS (1970–1990)

Penelitian konservasi tanah yang lebih terprogram dan terorganisir di Indonesia muncul pada tahun 1969/1970 dengan dibentuknya Seksi Konservasi Tanah di Balai Penelitian Tanah, Kementerian Pertanian. Pada era ini dimulai kerja sama antara Pemerintah Indonesia dan Organisasi Pangan Dunia (FAO, PBB) pada tahun 1972–1978, dalam bentuk Proyek Pengelolaan DAS

Hulu Solo, sebagai tonggak sejarah sistem pengelolaan DAS di Indonesia (Nugroho, Basuki et al., 2022).

Era ini ditandai lahirnya berbagai model matematis. Beberapa model penting pada masa ini meliputi SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*), AGNPS (*Agricultural Non-Point Source Pollution Model*), dan ANSWER (*Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation*) yang memungkinkan analisis lebih detail serta mendukung kebijakan dan strategi konservasi yang efektif.

Pada periode 1973–1981, FAO dan UNDP melakukan uji coba metode rehabilitasi lahan dan konservasi tanah (RLKT) di daerah hulu DAS Solo yang hasilnya diterapkan dalam INPRES reboisasi dan penghijauan sejak 1976 di 36 DAS di Indonesia. Direktorat Jenderal Kehutanan kemudian bertransformasi menjadi Kementerian Kehutanan, dan Proyek P3DAS dilembagakan menjadi Balai Teknologi Pengelolaan DAS (BTPDAS) yang melahirkan berbagai temuan penting, salah satunya bendungan busur untuk pengendalian sedimentasi (Nugroho, Basuki et al., 2022).

E. Era Pengelolaan Sumber Daya Hutan Berbasis Masyarakat dan Partisipatif (1990–2010)

Pada era ini riset agroforestri berkembang pesat. Sistem Agroforestri cerdas (*Smart Agroforestry*) dan pendekatan kesesuaian konteks lokal mulai diterapkan sebagai model pengelolaan lahan berbasis konservasi. Agroforestri cerdas mengoptimalkan sumber daya lokal untuk meningkatkan ekonomi pedesaan dan kesejahteraan masyarakat, sekaligus mendukung konservasi tanah, air, keanekaragaman hayati, bioenergi, dan adaptasi perubahan iklim (Octavia et al., 2022). Isu perubahan iklim selanjutnya banyak menjadi topik

penelitian yang menghubungkan pengelolaan DAS dengan strategi ketahanan iklim untuk mengatasi kekeringan dan banjir (Nugroho, Basuki et al., 2022).

Pada tahun 1991, BTPDAS yang berfokus pada pengujian dan pengembangan teknologi pengelolaan DAS bertransformasi menjadi lembaga penelitian di bawah Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, dengan cakupan kerja nasional. Setahun kemudian, BTPDAS Ujung Pandang (Makassar) didirikan dengan cakupan wilayah kerja Indonesia Timur, sementara BTPDAS Solo mempunyai cakupan wilayah kerja Indonesia Barat. Pada periode ini, berbagai penelitian dan pengembangan dilakukan terkait teknologi rehabilitasi lahan, KTA, hidrologi, dan sosial ekonomi, serta kelembagaan DAS (Nugroho, Basuki et al., 2022).

Pada tahun 1990-an, Pemerintah mengembangkan Usaha Pelestarian Sumber Daya Alam (UPSA) sebagai demplot KTA di lahan kering padat penduduk, serta Usaha Pertanian Menetap (UPM) di wilayah dengan sistem perladangan berpindah, sebagai praktik pertanian menetap yang produktif dan berkelanjutan. UPSA-UPM dikembangkan sebagai unit percontohan seluas 10 dan 20 ha, dengan masing-masing target areal terdampak seluas 100 ha. Akumulasi area terdampak sampai dengan tahun 2001 diduga telah menyebabkan luas lahan terdegradasi menurun sejak awal tahun 2004. Program yang sempat menghilang ini diaktifkan kembali melalui peraturan No. SE. 6/PDASHL/SET/DA.1/9/2019 oleh Direktorat Jenderal Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung atau PDASHL (Nugroho, Basuki et al., 2022).

Berbagai kegiatan penelitian dilaksanakan, antara lain Peningkatan Produktivitas dan Konservasi Tanah untuk Mengatasi Ladang Berpindah, 1990–1993; Proyek

Pengembangan Petani Dataran Tinggi di Jawa Barat, Kalimantan Tengah, dan Nusa Tenggara Timur, 1993–2000; Kelompok Kerja Penelitian dan Pengembangan Sistem Pertanian Lahan Kering di DAS Cimanuk, 1995–2000; Konsorsium Pengelolaan Erosi Tanah di Jawa Tengah, 1995–2004; dan Penelitian Multifungsi Pertanian, 2000–2005. Kegiatan penelitian dan pengembangan tersebut menghasilkan berbagai teknologi dan sistem pertanian konservasi, termasuk model kelembagaan dan sistem diseminasi (Nugroho, Basuki et al., 2022).

F. Era Kemajuan Teknologi Cerdas (2010–Sekarang)

Era 2010 hingga sekarang merupakan era kemajuan teknologi digital dalam pengelolaan DAS, yang menghadirkan terobosan menuju sistem pemantauan, jaringan sensor nirkabel, prediksi berbasis AI, dan sains warga (*citizen science*), yaitu pendekatan yang melibatkan masyarakat non-profesional dalam penelitian, pengumpulan data, dan perumusan rencana pengelolaan DAS. Pada era ini juga berkembang riset dan inovasi dalam pengumpulan data, seperti pendayagunaan Sistem Informasi Geografis (SIG), penginderaan jauh, jaringan sensor nirkabel, serta IoT (*Internet of Things*).

Pengelolaan DAS mulai menerapkan konsep *Water Energy Food Nexus* (Nugroho, Indrawati et al., 2022), yang muncul dari kesadaran akan adanya kompleksitas keterkaitan antara sumber daya air, pangan dan energi serta perlunya pengelolaan multidimensi. Pada era ini, juga berkembang kebijakan berbasis bukti (*Evidence Based Policy/ EBP*) sejalan dengan Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2019 tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, yang mewajibkan perumusan kebijakan pembangunan nasional harus dilandaskan pada hasil penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan.

Paradigma baru ini membuka peluang kolaborasi peneliti dengan pembuat kebijakan. Namun demikian, masih diperlukan upaya untuk memastikan bahwa hasil penelitian dapat diakses dan diterjemahkan menjadi kebijakan praktis oleh para pembuat kebijakan (Nugroho, Indrajaya et al., 2023).

Sejarah perkembangan IPTEK pengelolaan DAS sebagaimana uraian di atas menunjukkan bagaimana paradigma, metode, dan teknologi terus berevolusi dalam merespons permasalahan DAS pada masanya. Sejarah panjang tersebut kini dihadapkan pada dinamika baru dan tantangan yang lebih kompleks. Bab III berikut mengkaji kondisi dan dinamika DAS terkini, sekaligus mengidentifikasi tantangan utama yang harus dihadapi dalam mendorong transformasi pengelolaan DAS menuju lanskap regeneratif.

III. DINAMIKA PENGELOLAAN DAS TERKINI DAN TANTANGAN MENUJU LANSKAP REGENERATIF

Pendekatan lanskap regeneratif adalah kerangka pengelolaan lanskap yang tidak hanya berorientasi pada pencapaian tujuan keberlanjutan (*sustainability*), tetapi juga menekankan pada terbangunnya ketahanan ekologi (*ecological resilience*) dan kesejahteraan manusia (*community welfare*) (CBA, 2023; Muchiri, 2023). Menuju lanskap regeneratif berarti beralih dari eksploitasi ke keberlanjutan, dan dari sentralistik ke partisipatif (Krievins et al., 2015; Supangat et al., 2023). Dalam desain lanskap regeneratif, DAS dipandang sebagai lanskap hidup yang dinamis, terus tumbuh, pulih, dan memperkuat daya tahan sosial-ekologisnya, melalui pendekatan sistemik yang mampu mengintegrasikan dimensi sosial dan teknologi secara utuh (Reed, 2007; Mang & Reed, 2012).

Transformasi DAS menuju lanskap regeneratif menuntut perubahan mendasar dari model pengelolaan yang sektoral dan reaktif menuju pendekatan yang sistemik, adaptif, dan terpadu yang mampu menjawab kompleksitas interaksi biofisik, sosial, ekonomi, dan kelembagaan. Bab ini menjelaskan kondisi pengelolaan DAS saat ini, dan tantangan yang harus dihadapi dalam proses transformasi menuju lanskap regeneratif. Tantangan yang terutama adalah konflik kepentingan, keterbatasan literasi, keterbatasan data dan informasi, keterbatasan pendanaan dan insentif berkelanjutan, dan krisis etika dan perilaku lingkungan.

A. Dinamika pengelolaan DAS terkini

Persoalan DAS saat ini semakin kompleks, sebagai hasil interaksi antara aspek biofisik, sosial, dan ekonomi. Alih fungsi lahan dan deforestasi telah menurunkan daya dukung dan daya tampung DAS, sehingga kemampuannya mengatur tata air, dan mengurangi risiko banjir serta kekeringan, menurun (Nugroho, Sallata et al., 2021; Nugroho, Basuki et al., 2022; Nugroho, Dewi et al., 2022; Nugroho, Indrajaya et al., 2023).

Upaya rehabilitasi DAS melalui kegiatan reboisasi dan penghijauan sejak tahun 1976 belum menunjukkan hasil maksimal (Direktorat Perencanaan dan Pengawasan Pengelolaan DAS, 2022). Pendekatan pengelolaan yang masih bersifat sektoral dan belum terpadu adalah hambatan utama (Nugroho, Indrajaya et al., 2023). Kebijakan dan program masih terfragmentasi berdasarkan mandat institusi masing-masing, tanpa koordinasi yang memadai (Fulazzaky, 2014; Narendra et al., 2021; Nugroho, Indrajaya et al., 2023). Ketiadaan lembaga lintas daerah yang mampu menjembatani kepentingan antar wilayah otonom menjadi hambatan serius (Nugroho, 2002b). Kinerja berbagai forum DAS yang dibentuk pemerintah maupun NGO tidak cukup efektif memperbaiki tata kelola dan implementasi pengelolaan DAS, sehingga dampak keberadaannya hampir tidak terlihat (Nugroho, Dewi et al., 2022).

Keterbatasan anggaran rehabilitasi hutan dan lahan juga menjadi kendala yang berulang dari tahun ke tahun. Luas areal yang dapat direhabilitasi setiap tahun jauh lebih kecil dibandingkan dengan total luas lahan kritis (Nugroho, Basuki et al., 2022).

Dari sisi regulasi, ketidaksesuaian hirarki serta ketidak sinkronan antar aturan berpotensi menghambat efektivitas pengelolaan DAS. Konservasi tanah yang seharusnya menjadi

bagian dari pengelolaan DAS, diatur setingkat undang-undang (Undang-Undang No. 37/2014 tentang Konservasi Tanah), sementara pengelolaan DAS hanya diatur melalui peraturan pemerintah (Peraturan Pemerintah No. 37/2012 tentang pengelolaan daerah aliran sungai) (Narendra et al., 2021; Nugroho, Dewi et al., 2022). Selain itu, ketidak sinkronan regulasi juga berpotensi menimbulkan masalah. UU No. 23/2014 tentang Pemerintah Daerah menegaskan bahwa pengelolaan DAS menjadi tanggung jawab pemerintah pusat dan provinsi. Sementara UU No. 37/2014 tentang Konservasi Air dan Tanah dan PP No. 37/2012 tentang Pengelolaan DAS menyatakan kewenangan pengelolaan sampai ke pemerintah kabupaten/kota sesuai dengan tingkat DAS (Narendra et al., 2021; Nugroho, Dewi et al., 2022). Selain itu, PP No. 26/2008 tentang Tata Ruang Nasional yang merupakan turunan UU No. 26/2007, mereduksi definisi serta kriteria penetapan hutan lindung dalam UU No. 41/1999 tentang kehutanan, dari yang berorientasi pada keberlanjutan ekosistem menjadi sekadar berbasis letak geografis untuk memenuhi kebutuhan di hilir (Narendra et al., 2021; Nugroho, Dewi et al., 2022).

Dari aspek biofisik, fragmentasi lanskap, dan konversi tutupan lahan di wilayah hulu, telah mendegradasi fungsi-fungsi ekosistem kunci seperti penyimpanan air dan pengendalian erosi (Nugroho et al., 2021; Nugroho, Basuki et al., 2022; Nugroho, Dewi et al., 2022; Nugroho, Indrajaya et al., 2023). Hasil kajian di DAS Jeneberang, Sulawesi Selatan, menunjukkan perubahan 30% penutupan hutan menjadi lahan pertanian meningkatkan puncak banjir sebesar 98 % dan sedimentasi sebesar 170%. Sebaliknya, kegiatan reboisasi dan penghijauan dengan luasan yang sama hanya menurunkan puncak banjir sebesar 22% dan sedimentasi sebesar 33,6% (Nugroho, 2015b).

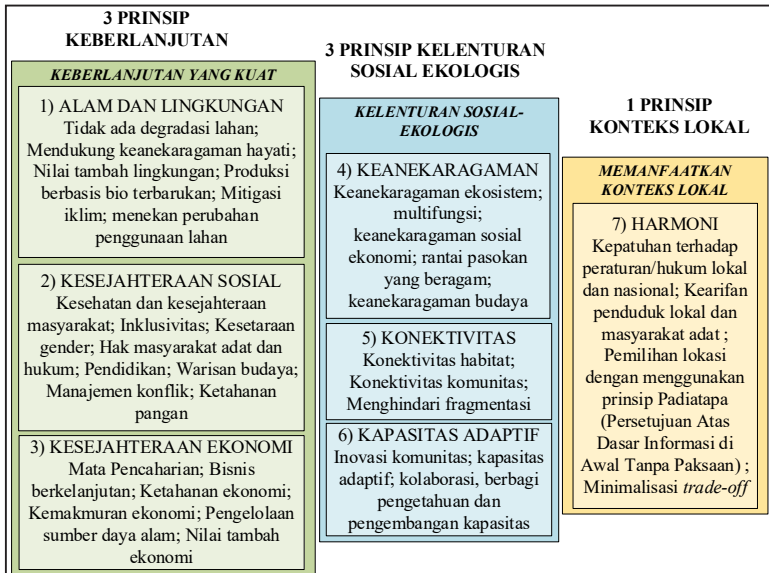
Perubahan iklim telah memicu meningkatnya frekuensi longsor, banjir bandang, dan kekeringan panjang, terutama pada DAS yang mengalami degradasi lahan dan penurunan fungsi hidrologis (Basuki et al., 2022; Nugroho, Wahyuningrum et al., 2025). Peningkatan variabilitas curah hujan, frekuensi kejadian ekstrem, dan pergeseran pola musim mengganggu siklus hidrologi alami dan pengelolaan risiko dari skala pembangunan makro sampai pada level masyarakat (Nugroho, Wahyuningrum et al., 2025).

Ketimpangan akses terhadap sumber daya, rendahnya tingkat partisipasi masyarakat, serta minimnya insentif masih menjadi faktor penghambat dalam pelaksanaan KTA (Nugroho, 2016b; Nugroho, Basuki et al., 2022). Masyarakat yang tinggal di kawasan hulu, yang berperan penting dalam menjaga tutupan lahan dan kualitas air dari hulu, partisipasinya rendah karena tidak memperoleh manfaat langsung dari program konservasi yang dijalankan (Nugroho, 2016b; Nugroho, 2019; Nugroho, Sallata et al., 2023). Padahal, keberhasilan rehabilitasi DAS sangat bergantung pada keterlibatan aktif masyarakat lokal sebagai penjaga lanskap dan aktor utama dalam transformasi sosial-ekologis (Indrajaya et al., 2022; Nugroho, Indrajaya et al., 2023; Nugroho, Sallata et al., 2023). Dalam konteks hulu-hilir, perlu adanya keadilan sosial-ekologis antara masyarakat di daerah hulu dan hilir melibatkan upaya menyelaraskan *Willingness to Pay* (WTP) masyarakat hilir dengan *Willingness to Accept* (WTA) masyarakat hulu, yang secara inheren seringkali berbeda.

B. Tantangan menuju lanskap regeneratif

Aliansi Bioekonomi Sirkular (*Circular Bioeconomy Alliance/ CBA*) menetapkan tujuh prinsip lanskap regeneratif (Gambar 2),

meliputi tiga prinsip keberlanjutan (lingkungan, sosial, ekonomi), tiga prinsip kelenturan sosio-ekologis (keanekaragaman, konektivitas, kapasitas adaptasi), serta satu prinsip konteks lokal berupa harmoni dengan hukum, hak adat, kearifan lokal, prinsip Padiatapa (Persetujuan Atas Dasar Informasi di Awal Tanpa Paksaan), dan minimalisasi *trade-off* (CBA, 2023).



Sumber : CBA (2023)

Gambar 2. Tujuh prinsip lanskap regeneratif

Saat ini di Indonesia, paling tidak menghadapi lima tantangan utama yang perlu diatasi menuju lanskap regeneratif. Pertama, konflik kepentingan antar sektor dan batas kewenangan menjadikan DAS sebagai ruang perebutan lahan dan sumber daya air, memicu alih fungsi lahan tak terkendali serta menurunkan

kapasitas ekosistem akibat fragmentasi tata kelola dan lemahnya regulasi.

Kedua, keterbatasan kapasitas literasi, pengetahuan akan teknologi, baik pada masyarakat maupun pemangku kepentingan lokal, menghambat pengelolaan berkelanjutan dan mendorong praktik budidaya yang tidak sesuai kaidah konservasi, sehingga menimbulkan dampak lingkungan dari degradasi lahan menyebabkan banjir dan kekeringan di hilir (Nugroho, Dewi et al., 2022). Keterbatasan pengetahuan menyebabkan petani mengelola lahan hanya untuk memenuhi kebutuhan jangka pendek yang cenderung berdampak negatif terhadap sumber daya lahan dalam jangka panjang (Nugroho, 2002b).

Ketiga, keterbatasan data dan informasi. Pengelolaan DAS di Indonesia menghadapi tantangan keterbatasan sistem akuisisi dan analisis data yang komprehensif sebagai dasar perencanaan (Guntara, 2024). Masih banyak DAS yang belum memiliki sistem pemantauan hidrologis dan ekologis, serta sistem informasi yang andal (Anida, 2023; FMIPA UGM 2024). Pemanfaatan teknologi IoT, sistem informasi geografis (*Geographic Information Systems/GIS*), dan analisis *big data*, belum terintegrasi secara holistik dalam pengelolaan DAS.

Keempat, keterbatasan pendanaan dan insentif menyebabkan praktik pengolahan berkelanjutan tidak menarik. Masyarakat tetap pragmatis dan mengelola lahan dengan cara-cara lama yang merusak (Nugroho, Nurfatriani et al., 2022). Bersamaan dengan transparansi dan akuntabilitas, intensif pendanaan yang berkelanjutan merupakan faktor penting dalam akselerasi pengelolaan DAS (Nugroho, Dewi et al., 2022). Skema-skema pendanaan alternatif perlu dikembangkan (Nugroho, Nurfatriani et al., 2022).

Kelima, lemahnya penegakan hukum lingkungan (*law enforcement*) menjadi tantangan serius, terutama pada wilayah DAS yang menghadapi tekanan alih fungsi lahan, aktivitas ekstraktif, dan pencemaran. Keterbatasan kapasitas pengawasan, tumpang tindih kewenangan, serta inkonsistensi penindakan menyebabkan degradasi ekologis berlanjut dan melemahkan kepercayaan serta partisipasi publik dalam pengelolaan lanskap.

Keenam, krisis etika lingkungan dan perubahan perilaku membutuhkan proses transformatif yang panjang. Perpindahan dari eksploitasi menuju regenerasi menuntut perubahan nilai sosial, budaya, dan ekonomi masyarakat. Krisis nilai dan etika lingkungan semakin nyata ketika menganggap kerusakan lingkungan sebagai hal wajar, serta maraknya perambahan hutan, penambangan liar, pembuangan limbah, dan eksploitasi air berlebihan (Nugroho, Dewi et al., 2022).

Krisis ini juga terjadi di masyarakat adat, ditandai memudarnya ikatan tradisional dengan alam akibat tekanan ekonomi, pertumbuhan penduduk, kontak budaya luar, serta meningkatnya kebutuhan hidup. Penelitian di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur, antara tahun 2012 dan 2014 menemukan tanda-tanda abrasi kemurnian adat pada beberapa komunitas masyarakat adat di sekitar Hutan Lindung Gunung Lumut (Nugroho, Skidmore et al., 2022; Nugroho, Indrawati et al., 2023).

Tarik-menarik antara kebutuhan pembangunan dan upaya menjaga kelestarian ekosistem menuntut transformasi mendasar yang memadukan ilmu pengetahuan, teknologi, kebijakan, dan kearifan lokal secara adaptif dan inklusif, disertai pergeseran cara pandang dari antroposentrisme menuju ekosentrisme (Nugroho, Dewi et al., 2022). Antroposentrisme memandang manusia terpisah dan lebih unggul dari alam, dengan menempatkan entitas

lain, seperti hewan, tumbuhan, dan sumber daya alam sebagai objek eksploitasi. Sebaliknya, ekosentrisme menekankan etika lingkungan yang berpusat pada keseluruhan komunitas ekologis. Pergeseran menuju ekosentrisme menjadi fondasi penting untuk membangun lanskap regeneratif yang sehat, produktif, dan berkeadilan (Nugroho, Wahyuningrum, et al., 2025).

IV. IMPLEMENTASI SISTEM SOSIO-TEKNIS BERBASIS DAYA DUKUNG DAN DAYA TAMPUNG

Bab ini menekankan bahwa pengelolaan DAS modern harus berbasis daya dukung dan daya tampung dengan memadukan kapasitas ekologis, dinamika sosial, dan teknologi secara adaptif. Batas ekologis menjadi acuan utama intervensi, sementara kerangka sosio-teknis menghubungkan teknologi dan masyarakat. Dalam konteks ini, pengelolaan secara *site spesifik* pada skala DAS mikro menjadi langkah strategis untuk mengatasi konflik kepentingan, fragmentasi tata kelola, keterbatasan data dan teknologi, termasuk pendanaan, melalui upaya mendorong partisipasi aktif para pihak.

A. Daya dukung dan daya tampung DAS sebagai fondasi pengelolaan berbasis batas alam

Pengelolaan DAS berbasis daya dukung dan daya tampung menjadi fondasi lanskap regeneratif karena memastikan keberlanjutan lingkungan dan peningkatan kesejahteraan. Kapasitas alami wilayah yang terbatas diperkuat melalui pemulihan ekosistem dan keanekaragaman hayati, serta pemanfaatan teknologi seperti efisiensi sumber daya, pertanian presisi, energi terbarukan, dan pola konsumsi berkelanjutan.

Dalam kerangka tersebut, kondisi sosial ekonomi masyarakat memainkan peran penting dalam transformasi menuju lanskap regeneratif (Nugroho, 2016b; Indrajaya et al., 2022; Nugroho, Indrajaya et al., 2023). Oleh karena itu intervensi tidak hanya teknis, melainkan juga diarahkan pada penguatan kapasitas manusia melalui edukasi, pengaturan kelembagaan, serta skema

regulasi dan insentif yang disesuaikan dengan karakteristik wilayah dari hulu sampai hilir.

Di hulu DAS, peningkatan kapasitas masyarakat diwujudkan melalui pembelajaran berbasis praktik, seperti agroforestri, dan penerapan KTA, yang terbukti lebih efektif membangun kesadaran, rasa memiliki, dan manfaat ekonomi dibandingkan pendidikan formal semata (Nugroho et al., 2021). Sementara itu, di hilir DAS, penguatan daya tampung lingkungan dilakukan melalui upaya mendorong perubahan perilaku kolektif edukasi masyarakat. Upaya ini difokuskan pada pengurangan limbah domestik serta peningkatan partisipasi dalam pengelolaan sampah dan sanitasi, didukung kebijakan pengurangan plastik sekali pakai dan insentif 4R (*Reduce, Reuse, Recycle, Replace*). Pendekatan terpadu ini mendorong perubahan perilaku yang memperkuat daya tampung lingkungan secara berkelanjutan.

B. Sistem sosio-teknis : integrasi dinamis antara teknologi, masyarakat, dan lingkungan

Pengelolaan DAS membutuhkan lebih dari sekadar pendekatan teknokratis. Transformasi menuju lanskap regeneratif harus mengintegrasikan aspek ekologi, sosial, dan pengetahuan dalam satu sistem sosio-teknis yang terpadu (Nugroho, Wahyuningrum et al., 2025). Tiga prinsip kelenturan sosio ekologis, yaitu keanekaragaman, konektivitas, dan kapasitas adaptasi, yang menjadi landasan tercapainya lanskap regeneratif hanya dapat dicapai apabila ada pendekatan yang lebih komprehensif dan adaptif dalam pengelolaan DAS.

Sistem sosio-teknis adalah keterpaduan antara komponen sosial dan teknis, mulai dari aktor, norma, hingga teknologi dan infrastruktur, yang membentuk kesatuan sistemik dalam perencanaan, pengambilan keputusan, dan pelaksanaan

kebijakan pengelolaan DAS (Savaget et al., 2019). Implementasi sistem sosio-teknis dalam konteks ini mengacu pada bagaimana interaksi antar subsistem diarahkan secara sinergis untuk meningkatkan daya dukung dan daya tampung DAS secara berkelanjutan (Nugroho, Sallata et al., 2023).

Tavistock Institute pada pertengahan abad ke-20 memperkenalkan sistem sosio-teknis sebagai kerangka untuk memahami interaksi kompleks antara manusia (aspek sosial) dan teknologi (aspek teknis) dalam suatu organisasi atau sistem kerja (Trist & Bamforth, 1951). Dalam konsep ini, teknologi tidak berdiri sendiri, melainkan selalu berinteraksi dengan aspek sosial, ekonomi, kelembagaan, dan nilai-nilai budaya (Savaget et al., 2019). Teknologi seperti sensor, sistem informasi, atau infrastruktur konservasi tidak akan optimal tanpa dukungan kapasitas lokal, legitimasi sosial, dan tata kelola yang responsif (Nugroho, Sallata et al., 2023).

Penerapan sistem sosio-teknis untuk meningkatkan daya dukung dan daya tampung DAS dilakukan secara adaptif melalui peningkatan pengetahuan dan keterampilan individu serta penguatan kelembagaan lokal agar mampu berperan efektif dalam perencanaan, pengambilan keputusan, dan pengawasan pengelolaan DAS. Strategi penting dalam implementasi sistem sosio-teknis adalah kebijakan pengelolaan DAS yang spesifik lokal, karena setiap wilayah memiliki keunikan sumber daya alam, kependudukan, perekonomian, kelembagaan, serta regulasi yang berlaku (Nugroho & Amas, 2003).

C. Implementasi sistem sosio-teknis dalam skala DAS Mikro sebagai unit transformasi: Menggiatkan partisipasi melalui penguatan konteks lokal

Strategi utama transformasi menuju lanskap regeneratif adalah perubahan paradigma dari pendekatan *top-down* menuju pendekatan yang lebih partisipatif dan kolaboratif. Masyarakat adalah aktor utama dalam menjaga, memulihkan, dan meregenerasi fungsi ekologis dan sosial-ekonomi DAS (Nugroho, Sallata et al., 2023). Partisipasi masyarakat menjadi kunci agar pengelolaan DAS selaras dengan prinsip konteks lokal dalam lanskap regeneratif.

Dalam konteks inilah, DAS mikro memiliki wadah yang efektif untuk menggiatkan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan. Sesuai hierarki DAS, pengelolaan DAS mikro dilakukan di unit pengelolaan DAS terkecil. DAS mikro merupakan DAS umumnya berukuran <1000 ha, yang secara biofisik maupun sosial ekonomi dan kelembagaan merupakan representasi kondisi DAS makronya (Nugroho, Dewi et al., 2022). Skala ini memungkinkan pengelolaan holistik, kontekstual secara *site-specific* yang efektif mengatasi eksternalitas dan memperkuat kelembagaan (Nugroho, Pratiwi et al., 2025).

Pengelolaan DAS mikro terbuka luas bagi partisipasi aktif masyarakat, karena intervensi yang dilakukan berada dalam jangkauan sosial dan geografis yang terjangkau (Nugroho, Dewi et al., 2022). DAS mikro menjadi platform ideal mendorong keterlibatan masyarakat dalam perencanaan, pelaksanaan, hingga pemantauan kegiatan konservasi dan pemulihan lahan, yang diselaraskan dengan budaya, kearifan lokal, dan pengetahuan

tradisional di masyarakat (Basuki et al., 2022; Nugroho, Pratiwi et al., 2025).

Penguatan konteks lokal, akomodasi pengetahuan tradisional, menjadi inti strategi partisipatif yang berkelanjutan dalam DAS Mikro. Integrasi pengetahuan tradisional yang lahir dari adaptasi masyarakat, dengan pengetahuan modern berbasis data, teknologi, dan pendekatan ilmiah, menjadi langkah strategis mendukung restorasi adaptif menuju lanskap regeneratif (Nugroho et al., 2017; Nugroho, 2019; Ngongo et al., 2023; Nugroho, Pratiwi et al., 2025; Nugroho, Wahyuningrum et al., 2025).

Di wilayah adat, integrasi pengetahuan harus dimulai dengan pengakuan hak masyarakat adat atas sumber daya, termasuk hak terlibat penuh dalam keputusan pembangunan berdasarkan prinsip Padiatapa (Persetujuan Atas Dasar Informasi di Awal Tanpa Paksaan). Prinsip Padiatapa menjadi dasar membangun kepercayaan, kolaborasi, dan menjaga kedaulatan lokal dalam pengelolaan DAS, sejalan dengan UUD 1945 pasal 18B yang mengakui hak-hak tradisional masyarakat hukum adat (DKN, 2017).

Penelitian di Hutan Gunung Lumut menegaskan pelibatan masyarakat adat sangat penting untuk pengelolaan hutan berkelanjutan, yang disertai dengan penguatan hukum adat dan penyelarasan dengan hukum formal agar kelestarian hutan tetap terjaga (Nugroho, 2019; Nugroho, Dewi et al., 2022; Nugroho, Indrawati et al., 2023). Kapasitas masyarakat adat sangat krusial dalam peningkatan produktivitas lahan berkelanjutan (Nugroho et al., 2017; Nugroho, Skidmore et al., 2022).

Sub Bab ini terbagi menjadi tiga bagian, sejalan dengan, kegiatan penelitian dan pengembangan untuk menggiatkan partisipasi selama kurun waktu 31 tahun sejak 1994 sampai

dengan saat ini, yaitu 1) implementasi sistem sosio-teknis untuk menggiatkan partisipasi personal (*personal participation*), 2) implementasi sistem sosio-teknis untuk menggiatkan partisipasi kolektif (*collective participation*), dan 3) implementasi sistem sosio-teknis untuk menggiatkan partisipasi pada level pengelolaan.

1. Implementasi sistem sosio-teknis untuk menggiatkan partisipasi personal (*personal participation*)

Partisipasi personal adalah partisipasi yang dilakukan oleh perorangan dan untuk kepentingan RLKT pada lahan budidaya perorangan. Untuk meningkatkan partisipasi personal maupun kolektif, pengelolaan DAS harus berbasis agenda masyarakat dengan pemerintah sebagai fasilitator. Pendekatan ini mendorong pengelolaan DAS yang lebih efektif karena didukung keterlibatan mental dan emosional masyarakat, melalui teknologi tepat guna yang sesuai dengan kebutuhan, modal sosial-ekonomi, dan tata nilai dan kepercayaan lokal (Nugroho, 2016b; Nugroho, Dewi, et al., 2022).

Untuk menggiatkan partisipasi personal, teknik RLKT yang bernilai ekonomi jangka pendek akan lebih mudah diterima, seperti teknik rorak, guludan, jalur rumput dan teknik vegetatif multiguna yang berfungsi mengendalikan erosi serta meningkatkan pendapatan (Nugroho, 2012, 2016b). Partisipasi personal cenderung meningkat ketika petani melihat langsung manfaat ekologi dan finansial secara nyata (Nugroho, 2012; Nugroho, Dewi, et al., 2022).

Di lahan hortikultura di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan, diterapkan rorak (*silt pit*) sebagai teknik KTA, yaitu galian sejajar kontur guna menahan sedimen (Gambar 3) dan dikembalikan ke bidang olah untuk menjaga kesuburan. Teknik ini dipilih karena

untuk jenis umbi-umbian, teras bangku atau guludan sejajar kontur justru akan menyebabkan pembusukan karena drainase tidak lancar. Volume sedimen dalam rorak dapat dipantau dengan tongkat (*stick*) berskala yang ditancapkan di dasar rorak dan kemudian hasil sedimen dianalisis di laboratorium untuk mengetahui unsur hara terangkut (Nugroho, 2005, 2012, 2016a; Nugroho, Sallata et al., 2021).



Sumber : Nugroho (2005)

Gambar 3. Rorak pada lahan hortikultura di Gowa

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rorak mampu menahan sedimentasi secara signifikan, yaitu ± 26 ton per hektar per tahun pada kemiringan 8 % , dan ± 84 ton pada kemiringan 15 %. Sedimentasi yang tertahan tersebut mengandung hara yang bisa diselamatkan melalui penggunaan rorak. Pada kemiringan 8%, hara yang dapat diselamatkan per tahun setara dengan 0,12 ton urea, 0,002 ton SP36, dan 0,025 ton KCL, dengan potensi kerugian yang dapat dihindari setara Rp440.000 per hektar

per tahun. Sementara itu, pada kemiringan 15%, hara yang bisa diselamatkan setara 0,35 ton urea, 0,008 ton SP36, dan 0,07 ton KCL, dengan potensi penghematan kerugian sebesar Rp1.280.000 per hektar per tahun (Nugroho, 2005, 2012, 2016a).

Penggunaan rorak juga menggerakkan partisipasi petani hortikultura dalam kegiatan KTA. Melalui pengamatan sedimen pascahujan, petani dapat memahami keterkaitan antara curah hujan, teknik olah lahan, erosi, serta dampaknya terhadap kehilangan hara, penurunan produktivitas, dan kerugian ekonomi (Nugroho, 2005, 2012, 2016a; Nugroho, Sallata et al., 2021).

Di Tana Toraja (Sulawesi Selatan) dan Mamasa (Sulawesi Barat), teknik RLKT yang sesuai konteks lokal adalah penanaman ubi jalar. Tanaman ini tidak diambil umbinya, melainkan daunnya sebagai pakan ternak babi (Gambar 4). Daunnya yang lebar mampu meredam energi kinetik hujan dan batangnya yang menjalar memperkuat struktur tanah.



Sumber : Nugroho dan Syahidan (2006)

Gambar 4. Tanaman ubi jalar untuk pakan ternak di Toraja

Tanaman yang dapat bertahan sampai 2–3 tahun ini bernilai ekonomi tinggi. Permintaan selalu tinggi di semua pasar tradisional. Berdasarkan penelitian tahun 2003–2004, dari 1,2 m² lahan dapat dipanen satu ikat daun setiap 12 hari di musim hujan, dan setiap 3 minggu di musim kemarau. Pada musim hujan, harga per ikat sekitar Rp1.000,- dan melonjak hingga Rp5.000,- di musim kemarau. Dengan produktivitas sekitar 8.300 ikat per hektar per panen dan 10 kali panen selama musim hujan, potensi pendapatan mencapai ±Rp83.300.000,- per hektar per musim (Nugroho & Syahidan, 2006). Tanaman ubi jalar dengan kayu-kayuan dalam pola agroforestri, menjadi alternatif efektif dalam pengendalian erosi sekaligus peningkatan pendapatan (Nugroho & Syahidan, 2006; Nugroho, Dewi, et al., 2022).

Di daerah semi-arid Lembah Palu, dikembangkan pola tanaman lorong (alley cropping) menggunakan jalur gamal (*Gliricidia sepium*) untuk menahan erosi, meningkatkan infiltrasi, menahan angin, sumber pakan ternak, dan kayu bakar. Gambar 5 menunjukkan perkembangan jalur gamal selama 3 tahun penelitian, dari T0 (mulainya kegiatan), sampai dengan T3 (tahun ke 3 penelitian).



Sumber : Nugroho, (2002.c)

Gambar 5. Model jalur gamal sebagai sumber hijauan ternak

Dengan jalur gamal ini erosi dapat ditekan sampai 55 %, kemiringan lereng dapat diturunkan sampai 10 %, dan diperoleh hasil hijauan pakan ternak rata-rata sebanyak 6 ton/ha/th (Nugroho, 2002a, 2002c; Nugroho, Dewi, et al., 2022).

2. Implementasi sistem sosio-teknis untuk menggiatkan partisipasi kolektif (*collective participation*)

Partisipasi kolektif adalah partisipasi kelompok untuk kepentingan bersama dengan cakupan kegiatan RLKT pada level kawasan/ mikro DAS. Implementasi sistem sosio-teknis pada skala DAS mikro untuk menggiatkan partisipasi kolektif diwujudkan melalui pemanfaatan air dari hutan di hulu DAS untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Sejak

2003, pendekatan ini dikembangkan melalui penelitian aksi partisipatif (*Participatory Action Research*) sebagai bagian dari pengelolaan DAS berbasis komunitas. PLTMH menjadi insentif agar masyarakat menjaga hutan dan fungsi daerah tangkapan air. Hasil penelitian menunjukkan munculnya partisipasi kolektif masyarakat dalam melestarikan hutan (Nugroho & Iwanuddin, 2006; Nugroho, 2011, 2015c).

Pengembangan PLTMH melibatkan masyarakat sejak awal melalui proses *learning by doing* untuk meningkatkan pengetahuan, pengalaman, dan kesadaran tentang pengelolaan PLTMH, serta tanggung jawab menjaga keberlanjutan PLTMH dan hutan sebagai sumber energi air (Nugroho & Iwanuddin, 2006; Nugroho & Sallata, 2015; Nugroho, 2021; Nugroho, Dewi, et al., 2022). Hasil penelitian PLTMH partisipatif telah diimplementasikan oleh masyarakat, pemerintah daerah, maupun Kementerian Kehutanan, di sekitar hutan di berbagai wilayah di Sulawesi, Kalimantan, Sumatera, dan Nusa Tenggara Timur, sejak tahun 2009.

PLTMH partisipatif merupakan pendekatan efektif untuk mendukung nexus energi, air, dan pangan (Nugroho, Indrajaya et al., 2022). Pendekatan nexus sejalan dengan komitmen Indonesia dalam ketahanan air, pangan, dan energi, meski regulasi pengelolaan terpadu masih terbatas. PLTMH terbukti memberikan dampak positif bagi ketahanan pangan dan energi, peningkatan pendapatan, sekaligus konservasi sumber daya air (Nugroho, Indrajaya et al., 2022).

Lebih jauh, insentif PLTMH bisa difungsikan sebagai instrumen imbal jasa ekosistem (*Payment for Ecosystem Services/ PES*). Masyarakat tidak hanya menerima manfaat berupa listrik, tetapi juga berkewajiban membayar iuran pemeliharaan PLTMH, serta menjaga kelestarian hutan. Pemerintah, Lembaga

Swadaya Masyarakat (LSM), dan swasta berperan sebagai pemberi insentif dalam bentuk penyediaan infrastruktur PLTMH (Nugroho & Sallata, 2015; Nugroho, 2021, 2023a; Nugroho, Dewi, et al., 2022; Nugroho, Nurfatriani, et al., 2022).

Di Kelurahan Borongrapoa, Kecamatan Kindang, Kabupaten Bulukumba, Provinsi Sulawesi Selatan, pengembangan PLTMH partisipatif dimulai sejak tahun 2014 melibatkan masyarakat dan pendampingan peneliti serta LSM. Semua bahan lokal, termasuk tenaga kerja adalah bagian dari swadaya masyarakat, sedangkan teknologi dan bahan-bahan yang tidak terdapat di lokasi disediakan dari dana riset dan dana LSM. Masyarakat terlibat langsung dalam perencanaan sampai dengan pembangunan dan pemeliharaan PLTMH melalui kelompok.

Tiga unit PLTMH dikembangkan dengan sistem kaskade (*Cascade*) pada tiga kampung berurutan di Kelurahan Borongrapoa, yaitu kampung Singgang-Katimbang, Kayubiranga, dan Na'na, yang memiliki karakter sosial ekonomi berbeda. Secara fisik, kaskade merujuk pada pemanfaatan satu aliran sungai secara berurutan, di mana air keluar dari satu unit PLTMH digunakan kembali untuk unit berikutnya. Dari sisi proses, istilah kaskade menggambarkan proses replikasi, di mana keberhasilan unit pertama memicu pengembangan unit berikutnya.

Pendekatan komparasi digunakan untuk mendorong aktivitas kelompok, dan prestasi kerja melalui persaingan sehat sejak pembangunan hingga pemanfaatan PLTMH. Metode ini efektif karena lokasi kegiatan berdekatan dan memiliki latar belakang sosial budaya serupa, sehingga masyarakat bisa saling membandingkan aspek teknis pembangunan mikrohidro, pengorganisasian kelompok, maupun hasil kerja. Pendekatan ini membantu masyarakat memahami hubungan antara hutan,

topografi, dan debit air dengan desain serta potensi daya PLTMH, sekaligus memperkuat pemahaman peran kelompok dalam keberhasilan pembangunan dan operasional (Nugroho, 2015a; Nugroho, Asier et al, 2016; Narendra et al., 2021). Disamping itu, PLTMH meningkatkan pendapatan masyarakat dan menggiatkan partisipasi mereka dalam menjaga dan melestarikan fungsi hutan (Nugroho, 2011; Nugroho & Sallata, 2015; Narendra et al., 2021).

Peningkatan pendapatan masyarakat dihasilkan dari pemanfaatan listrik untuk pengembangan usaha produktif (*productive use of energy/PUE*). Beberapa alat pendukung usaha kecil menggunakan listrik PLTMH, seperti pondok pengering hybrid bertenaga mikrohidro dan surya, serta kompor biomasa (KOMBI) yang hemat bahan bakar, efisien, dan ramah kesehatan, dikembangkan di lokasi ini (Nugroho, Saad, et al., 2020). KOMBI adalah kompor berbahan bakar biomasa yang menggunakan kipas listrik mikrohidro untuk meningkatkan efisiensi pembakaran.

Pondok pengering digunakan untuk meningkatkan nilai tambah kopi, jagung, dan cengkih. Sementara itu, penggunaan KOMBI diarahkan untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi berbasis fosil, seperti minyak dan gas bumi (Gambar 6).



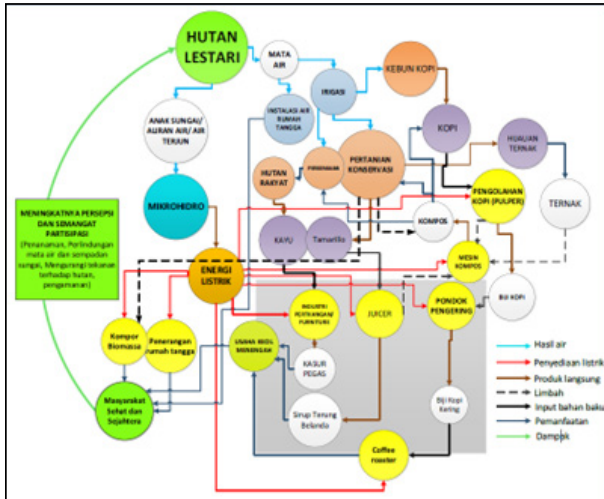
Keterangan: (A) KOMPI, (B) Pondok Pengering, (C) Menggoreng kopi dengan KOMPI

Sumber : Nugroho et.al. (2022)

Gambar 6. KOMPI dan pondok pengering hybrid

KOMPI, yang menggunakan ranting kayu maupun limbah pertanian sebagai bahan bakar, menghemat penggunaan kayu bakar dengan rasio 1:10 dan mempercepat waktu memasak dengan rasio 1:3. Ini menyingkat waktu di dapur para perempuan/ibu rumah tangga dan mengalihkannya untuk kegiatan sosial atau kegiatan lainnya yang produktif (Nugroho, Saad et al., 2020).

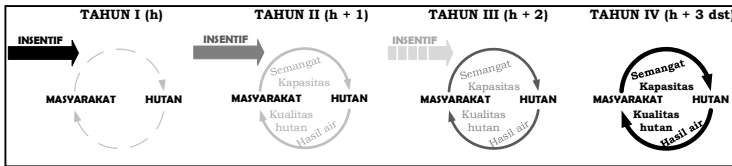
Di Kelurahan Borongrapoa, pengembangan PLTMH dilakukan dalam konsep yang utuh untuk meningkatkan kesejahteraan sekaligus mendorong partisipasi masyarakat dalam menjaga dan melestarikan hutan (Gambar 7).



Sumber : Nugroho et al. (2022)

Gambar 7. Model pengelolaan hutan berbasis PLTMH

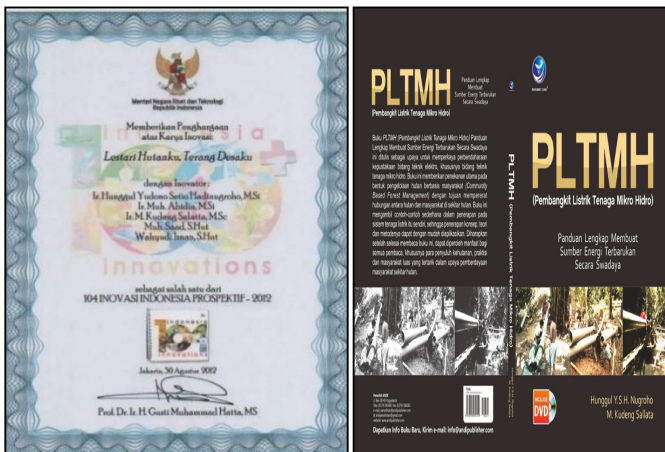
Konsep *perpetual motion* digunakan dalam rekayasa sosial pengembangan insentif PLTMH dalam skema PES. Pendampingan dilakukan dari awal dan perlahan dikurangi sejalan dengan kemandirian kelompok (Gambar 8). Hasil riset menunjukkan insentif awal dapat dihentikan bertahap hingga tahun ketiga saat masyarakat mandiri mengelola PLTMH. Ekonomi produktif berkembang, kesadaran pentingnya hutan dan rasa memiliki meningkat (Nugroho, 2023a).



Sumber : Nugroho (2023a)

Gambar 8. Konsep *perpetual motion* dalam PLTMH partisipatif

Pada tahun 2012, inovasi PLTMH berjudul “Lestari Hutanku, Terang Desaku”, ditetapkan Kementerian Riset dan Inovasi sebagai satu dari 104 Inovasi Paling Prospektif di Indonesia (Nugroho, Dewi, et al., 2022). Pada tahun 2015, buku berjudul ”PLTMH, pembangkit listrik tenaga mikrohidro, panduan lengkap membuat sumber energi terbarukan secara swadaya” diterbitkan, dan didistribusikan di seluruh Indonesia (Gambar 9).



Gambar 9. Buku PLTMH dan sertifikat inovasi 2012

Penelitian di Kawasan Suaka Margasatwa Buton Utara, Sulawesi Tenggara, menunjukkan bahwa kemauan membayar (*Willingness to Pay*) pengguna PLTMH mencapai Rp2.611/kWh dan Rp. 414 per liter air/detik. Temuan ini menegaskan bahwa pengembangan nilai layanan air dari hutan penting bagi masyarakat, serta dapat mendorong kesadaran untuk melestarikan hutan (Isnain et al, 2021).

3. Implementasi sistem sosio-teknis untuk menggiatkan partisipasi pada level pengelolaan (*participatory management*)

Menggiatkan partisipasi pada level pengelolaan dilakukan melalui formulasi pengelolaan DAS yang adaptif dan inklusif, yang melibatkan berbagai pihak, khususnya masyarakat, dalam perencanaan sampai monitoring dan evaluasi (Nugroho, 2019; Nugroho, Dewi, et al., 2022). Dengan pendekatan ini, pengelolaan DAS dapat dirancang lebih sistematis, dan potensi manfaat dan risiko dari setiap skenario kebijakan pengelolaan lahan dan tata ruang dapat diantisipasi (Nugroho, 2012).

Pada tingkat DAS Mikro, partisipasi dilaksanakan dalam pemetaan permasalahan dan perumusan solusi bersama. Pada proses ini, sebanyak-banyaknya masyarakat bisa diundang dalam pertemuan agar potensi permasalahan bisa digali lebih luas. Semua peserta diskusi diberikan ruang untuk mengemukakan pendapat. Selanjutnya, tim peneliti dibantu dengan LSM bersama-sama para masyarakat menyusun semua permasalahan dan alternatif solusi dalam alur pikir yang sistematis. Kebutuhan saat ini dan mendatang, potensi sumber daya lokal, kendala yang dihadapi, dan alternatif solusinya dirumuskan bersama. Gambar 10 disajikan rangkaian permasalahan dan potensi solusi yang dirumuskan secara bersama di DAS Mikro Batanguru, di

V. INOVASI TEKNOLOGI DAN KONTRIBUSI KEBIJAKAN

Bab ini menekankan bahwa inovasi teknologi dan penguatan kebijakan harus berjalan beriringan untuk memperkuat perencanaan dan monitoring DAS. Kemajuan instrumen pemantauan, sistem informasi spasial, dan integrasi data berbasis teknologi membuka peluang peningkatan akurasi dan efektivitas pengelolaan. Di sisi lain, dampak teknologi akan optimal bila ditopang regulasi yang selaras dan tata kelola yang responsif terhadap dinamika sosial-ekologis.

A. Inovasi teknologi untuk mendukung perencanaan dan monitoring DAS

Dalam konteks transformasi pengelolaan DAS menuju lanskap regeneratif, pemanfaatan teknologi dan inovasi menjadi kunci utama. Teknologi mengatasi keterbatasan sumber daya sekaligus menyediakan data yang lebih presisi, mempercepat analisis, dan memungkinkan prediksi yang lebih akurat terhadap dinamika lingkungan.

Salah satu teknologi yang sangat penting adalah penggunaan data satelit dan sistem informasi geografis (SIG). Penelitian di DAS Serayu mengintegrasikan citra satelit, SIG, data curah hujan dari CHIRPS (*Climate Hazards group InfraRed Precipitation with Station*), data spasial DEMNAS (*National Digital Elevation Model*), serta pemodelan debit banjir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi pola curah hujan, perubahan tutupan lahan, dan tingkat kerentanan erosi memainkan peran penting dalam menentukan potensi terjadinya banjir (Nugroho,

Indrajaya et al., 2025). Penelitian ini menyimpulkan bahwa perbedaan ambang batas curah hujan untuk setiap jenis bencana perlu diperhitungkan dalam pengembangan sistem peringatan dini (*Early Warning System/ EWS*) banjir dan longsor (Savitri, Wahyuningrum et al., 2022).

Penggunaan pemodelan matematis di DAS Jeneberang, di Sulawesi Selatan, Sub DAS Gobeh di Jawa Tengah, Sub DAS Tapabuoti di Gorontalo, dan Sub DAS Wuno dan Miu, di Palu menunjukkan model AGNPS (*Agricultural Non-Point Sources Pollution Model*) berbasis GIS valid dan layak diterapkan untuk memahami hubungan antar faktor fisik dalam DAS. Melalui pemodelan ini, dapat ditentukan arah pengelolaan lahan untuk mencapai kondisi hasil air sesuai dengan tujuan pengelolaan suatu DAS (Nugroho, 2000, 2001, 2015b; Nugroho & Ekowati, 2003; Setiawan & Nugroho, 2003, 2006).

Hasil analisis potensi perluasan ladang berpindah dan deforestasi menggunakan *Area Production Model* (APM), yang memadukan SIG, penginderaan jauh (PJ), dan data sosial-ekonomi, di Hutan Adat Gunung Lumut, Kalimantan Timur, menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk, perbaikan sistem pertanian, intervensi kebijakan, serta penegakan hukum berpengaruh signifikan terhadap perubahan penggunaan lahan tradisional dan deforestasi (Nugroho, 2014; Nugroho, Skidmore et al., 2022). Hasil penelitian ini menegaskan pentingnya hukum adat, praktik pertanian berkelanjutan, peningkatan kapasitas, dan penegakan hukum untuk meningkatkan produktivitas serta mencegah degradasi lahan (Nugroho, 2014; Nugroho et al., 2017; Nugroho et al., 2018; Nugroho, Skidmore et al., 2022).

Kajian terhadap 216 lokasi PLTMH di Indonesia menunjukkan bahwa integrasi GeoDetector dan RFE-RF (*Random Forest-Recursive Feature Elimination*) dalam SIG efektif menyaring

variabel penting. Dari 19 variabel awal, delapan variabel kunci berhasil diidentifikasi, yaitu kemiringan, indeks kebasahan topografi, jarak jalan, jarak pemukiman, kepadatan drainase, indeks curah hujan standar, ordo sungai, dan indeks kecuraman sungai, dengan kinerja statistik yang lebih baik (Auliyani et al., 2024).

Penelitian di DAS Saddang berhasil mengembangkan model kesesuaian PLTMH berbasis analisis hirarki dan SIG, menggunakan kriteria geomorfometri, geologi, curah hujan, tekstur tanah, dan penggunaan lahan serta penutupan lahan. Model kesesuaian ini efektif mengidentifikasi lokasi-lokasi *intake* potensial dengan indeks tinggi hingga sangat tinggi (Setiawan et al., 2024).

Hasil studi di atas bermanfaat sebagai evaluasi awal untuk mengidentifikasi lokasi potensial, namun tetap memerlukan survei lapangan rinci, serta penilaian lebih mendalam untuk memastikan kesesuaian lokasi, terutama terkait debit minimum, debit banjir, dan kelayakan teknis jangka panjang (Setiawan et al., 2024). Informasi terperinci diperoleh melalui wawancara dengan masyarakat lokal, dan diperkuat melalui pengamatan tanda-tanda alami di lokasi (Nugroho & Sallata, 2015; Nugroho, Dewi et al., 2022; Setiawan et al., 2024).

Selain pemodelan matematis, sejak tahun 2023, Pusat Riset Ekologi dan Etnobiologi BRIN mengembangkan instrumen monitoring DAS berbasis IoT dan partisipasi masyarakat yang terintegrasi dengan GIS, sensor, dan jaringan nirkabel untuk pemantauan *real-time* melalui aplikasi web dan android. Inovasi ini melengkapi ATHUS (Alat Takar Hujan Sederhana) dan mendorong sistem monitoring DAS yang lebih adaptif, partisipatif, serta proaktif dan berbasis data melalui pendekatan sains warga (Nugroho, Pratiwi et al., 2025). Selain ATHUS,

inovasi instrumen monitoring DAS yang telah diuji dan diimplementasikan antara lain adalah SI PUBER, ModATHUS, dan WaterQ.

1. ATHUS (Alat Takar Hujan Sederhana)

Konsep sains warga untuk deteksi bencana banjir dan longsor diterapkan tahun 2022 di Hulu DAS Serayu. Sistem peringatan sangat dini (VEWS: *Very Early Warning System*) untuk banjir dan longsor berbasis *antecedent precipitation index* (API) dikembangkan melalui pendayagunaan ATHUS yang direkayasa sejak tahun 2003. ATHUS adalah penakar hujan manual berbahan dasar pipa PVC yang dilengkapi dengan pipa transparan berskala untuk pembacaan ketebalan hujan (mm) (Gambar 11).

ATHUS dipasang di dua puluh sekolah dasar (SD) di Wonosobo dan Banjarnegara, Jawa Tengah berdasarkan identifikasi lokasi yang paling sensitif menghasilkan perubahan banjir di hulu DAS Serayu (Savitri et al., 2022). Pengukuran curah hujan dan pencatatan oleh murid kelas 5 SD di hulu DAS Serayu dengan pendampingan guru menjadi strategi untuk mengatasi keterbatasan data, sekaligus meningkatkan literasi kebencanaan dan sains sejak dini (Savitri et al., 2022). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemahaman murid dan guru tentang hubungan antara hujan dengan banjir dan longsor meningkat, sementara pendekatan sains warga mampu menghasilkan data curah hujan akurat, berkelanjutan, dan mendukung sistem pelaporan efisien berbasis partisipasi untuk VEWS di DAS hulu (Nugroho, Savitri et al., 2022; Savitri et al.,

2022). Pada tahun 2024, 10 buah ATHUS juga dipasang di SD dan beberapa Kantor Kelurahan di Kota Semarang.

Pendayagunaan ATHUS untuk pengamatan curah hujan berbasis masyarakat telah diakui oleh Kementerian Riset dan Teknologi sebagai salah satu dari 102 inovasi paling prospektif di Indonesia tahun 2012. Selanjutnya, dalam peraturan Dirjen PHKA No. P07/IV-set/2014 tentang Pedoman Inventarisasi Sumber Daya Air di Kawasan Konservasi, ATHUS direkomendasikan sebagai alat yang digunakan untuk pengamatan curah hujan (Nugroho, 2016c; Nugroho, Dewi et al., 2022).



Sumber : Nugroho (2022)

Gambar 11 . ATHUS dan sertifikat inovasi 2010

2. SI PUBER (Sistem Informasi Pemantauan Polusi Udara Bergerak)

SI PUBER adalah sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT dengan sensor polutan dan melibatkan mitra ojek online sebagai operator untuk memperoleh data spasial-temporal yang

luas dan dinamis. Sistem ini mengatasi keterbatasan instrumen statis dengan memanfaatkan kendaraan bergerak ber-GPS yang mengirim data polusi secara *real-time* melalui jaringan GSM (*Global System for Mobile Communications*). Informasi kemudian diolah menjadi indeks kualitas udara dan peta sebaran pencemaran yang dapat diakses melalui web dan Android untuk mendukung mitigasi, tata ruang, dan pengembangan ruang terbuka hijau (Nugroho, Basuki et al., 2025).

Pada tahun 2023, SI PUBER telah diuji implementasi di Kota Semarang bekerja sama dengan Gojek dan Trans Semarang, dan pemanfaatannya telah dilaunching oleh Walikota Semarang pada tanggal 1 Juni 2023 bertepatan dengan Hari Kelahiran Pancasila (CNN Indonesia, 2024; Yusuf & Putri, 2024). Pada saat ini SI PUBER telah mendapat sertifikat terdaftar patent dari Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum Indonesia (Gambar 12).



Sumber : Nugroho (2024)

Gambar 12 . Launching SI PUBER di Semarang 1 Juni 2024

3. ModATHUS (Modified ATHUS)

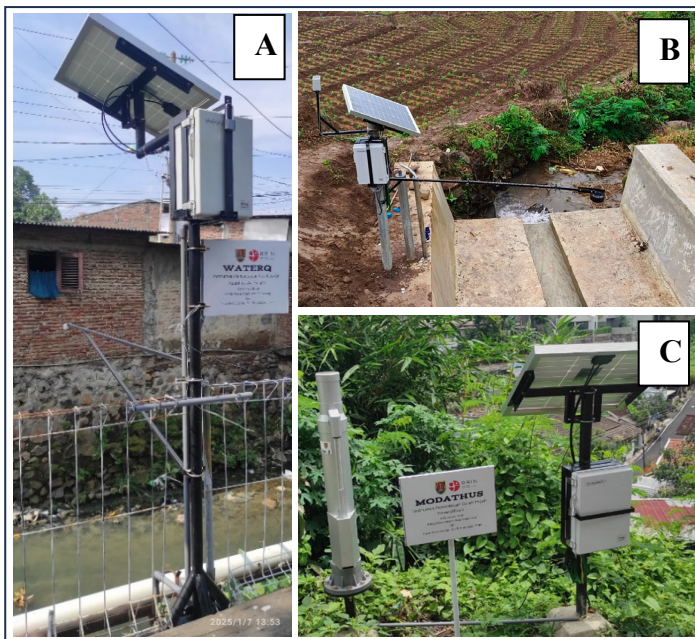
ModATHUS adalah sistem peringatan sangat dini (VEWS : *Very Early Warning System*) berbasis internet untuk banjir dan longsor yang mengintegrasikan berbagai sensor cuaca, kelembaban tanah, dan orientasi 3D guna mendeteksi potensi bencana secara *real-time*. Berbeda dari sistem konvensional yang bergantung pada tinggi muka air atau pergerakan tanah, ModATHUS menggunakan indeks curah hujan anteseden (*Antecedent precipitation index/ API*) sebagai pemicu utama, sehingga mampu memberikan peringatan banjir dan longsor lebih dini dan akurat.

ModATHUS berfungsi ganda sebagai sistem peringatan dini sekaligus penakar hujan yang sederhana, murah, dan mudah digunakan. Alat ini menghasilkan data curah hujan harian melalui pembacaan manual serta data *real-time* berbasis sensor dan internet, yang bermanfaat untuk perencanaan sumber daya alam maupun peringatan dini banjir dan longsor. Teknologi ini telah diterapkan di Kota Semarang pada 2024 (Amaliah, 2024; Aulia, 2024). Alat ini juga telah mendapatkan sertifikat terdaftar patent dari Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum Indonesia.

4. WaterQ

WaterQ adalah perangkat monitoring kualitas dan kuantitas sungai berbasis sensor yang terintegrasi dengan web dan android, menyediakan data *real-time* sekaligus berfungsi sebagai sistem peringatan dini banjir. Dilengkapi sensor GPS, tinggi muka air, pH, kekeruhan, partikel terlarut, logam berat, dan suhu air, WaterQ mengirimkan data ke platform web untuk pemantauan komprehensif. WaterQ telah diimplementasikan di Kota Semarang pada tahun 2024. Selain di Kota Semarang,

WaterQ juga telah diimplementasikan oleh Yayasan Bumi Hijau Lestari di DAS Citarum melalui pemasangan 4 unit WaterQ pada 4 SPAS (Stasiun Pengamatan Arus Sungai) yang dibangun pada tahun 2024 di Hulu DAS Citarum untuk mendukung program Citarum bersih. Selain untuk pemenuhan kebutuhan data dalam perencanaan pengelolaan DAS, integrasi ModATHUS dengan WaterQ dapat digunakan sebagai instrumen penting dalam membangun sistem peringatan sangat dini potensi bencana banjir dan longsor dari daerah hulu. Pada Gambar 13 disajikan WaterQ yang terpasang di DAS Garang, Semarang dan Hulu DAS Citarum di Kabupaten Bandung, Jawa Barat.



Gambar 13. WaterQ terpasang di DAS Garang (A) dan DAS Ciratum Hulu (B), serta ModATHUS terpasang di DAS Garang (C)

B. Kontribusi Kebijakan

Inovasi teknik konservasi tanah dan air pada bidang olah yang manfaat dan risikonya mudah dimengerti masyarakat, menjadi rekomendasi strategis kebijakan implementasi Rehabilitasi Hutan dan Lahan (RHL) berbasis masyarakat. Teknik KTA dengan rorak di Jeneberang Hulu, tanaman ubi jalar di DAS Saddang Toraja, rumput pakan ternak di Gowa, dan tanaman lorong di Lembah Palu, sangat efektif untuk diimplementasikan sebagai kegiatan RHL *on farm*.

Implementasi PLTMH dalam konsep PES merupakan terobosan kebijakan berbasis riset untuk mengatasi kendala pembiayaan RHL. Biaya RHL untuk areal seluas 1000 ha diperlukan Rp. 5 Milyar (Rp. 5 juta/ha). Sepuluh persen (equivalen 100 ha tanaman) dari anggaran tersebut (setara Rp. 500 juta), dapat digunakan membangun 3 unit mikrohidro yang dapat melayani 3 desa untuk ± 450 KK. Apabila tiap KK menanam 5 pohon/bulan maka akan tertanam 27.000 pohon/tahun, setara dengan 67,5 ha/tahun (jarak tanam 5 x 5 m). Dengan demikian meningkatkan realisasi RHL melalui keberhasilan penanaman (Nugroho & Sallata, 2015; Nugroho, Dewi et al., 2022).

Pendekatan wali sains mengintegrasikan inovasi teknologi dan keterlibatan aktif masyarakat untuk memperkuat basis data sebagai dasar kebijakan pengelolaan DAS yang efektif, bisa diterima masyarakat, dan berkelanjutan. Pemasangan ATHUS di sekolah dasar dengan pelibatan siswa dan guru menjadi contoh implementasi kebijakan yang tidak hanya menyediakan data curah hujan akurat dan berkelanjutan untuk perencanaan DAS dan sistem peringatan dini, tetapi juga meningkatkan kesadaran dan literasi bencana sejak dini di wilayah rawan bencana (Nugroho, Savitri et al., 2022).

Implementasi SI PUBER di Kota Semarang dengan pendekatan *quadruple helix* merupakan model kolaborasi empat aktor utama, yaitu ilmuwan (peneliti/akademisi), pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat, untuk mendorong inovasi yang lebih inklusif, efektif, dan berkelanjutan. Keempat pihak berperan saling melengkapi mulai dari pengembangan teknologi, dukungan regulasi, penyediaan layanan, hingga partisipasi warga dalam pengumpulan dan pemanfaatan data. BRIN mengembangkan teknologi, Pemkot Semarang menyediakan anggaran serta mengintegrasikannya ke *Smart City* dan Bus Trans Semarang, Gojek mengerahkan armada dan memberi insentif, sementara masyarakat (mitra Gojek) berperan sebagai pengemudi sekaligus agen sosialisasi. Kolaborasi ini memperkuat efektivitas pemantauan polusi udara. (Nugroho, Basuki et al., 2025). Dengan spektrum data yang luas secara spasial maupun temporal, informasi sebaran lokasi tercemar dari SI PUBER dapat digunakan sebagai landasan ilmiah dalam perencanaan tata ruang dan rancangan ruang terbuka hijau guna menciptakan perkotaan yang sehat.

Pendayagunaan sistem pemantauan DAS berbasis komunitas menggunakan berbagai instrumen berbiaya rendah, *real-time*, dan inklusif seperti SI PUBER, ModATHUS dan WaterQ, bisa meningkatkan akurasi prediksi bencana, sekaligus memperkuat literasi ekologis dan legitimasi kebijakan pengelolaan DAS (Nugroho, Savitri et al., 2022). Penggunaan instrumen-instrumen ini juga meningkatkan kualitas data hasil monitoring DAS, yang bisa digunakan sebagai dasar evaluasi dan perencanaan kebijakan dalam pengelolaan DAS selanjutnya.

VI. KESIMPULAN

Transformasi pengelolaan DAS menuju lanskap regeneratif menuntut perubahan paradigma dari pendekatan sektoral dan reaktif menjadi pengelolaan berbasis lanskap yang integratif, adaptif, dan partisipatif. Daya dukung dan daya tampung DAS menjadi fondasi utama untuk menjaga keseimbangan ekologi sekaligus mendukung kebutuhan sosial dan ekonomi masyarakat. Pengalaman panjang penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan pemulihan DAS hanya dapat dicapai melalui implementasi dan pemahaman sistem sosio-teknis, yaitu integrasi dinamis antara ilmu pengetahuan, teknologi, masyarakat, kelembagaan, dan kearifan lokal sesuai dengan kapasitas daya dukung dan daya tampungnya.

Bukti empiris dari berbagai penelitian mendayagunakan teknologi cerdas seperti IoT, SIG, dan pemodelan spasial, menunjukkan bahwa sains memiliki peran strategis dalam menyediakan dasar kebijakan berbasis bukti. Namun demikian, inovasi teknis semata tidak cukup tanpa dukungan tata kelola yang adaptif, kolaborasi lintas aktor, serta partisipasi aktif masyarakat sebagai penjaga lanskap.

Penguatan DAS mikro sebagai unit transformasi menjadi pelajaran penting dalam membangun pendekatan yang lebih kontekstual dan operasional. Melalui pendekatan *learning by doing*, DAS mikro membuka ruang bagi dialog pengetahuan, integrasi teknologi tepat guna, serta pengembangan insentif ekonomi lokal, seperti model RLKT adaptif dan PLTMH. Pengalaman ini menunjukkan bahwa peningkatan kesejahteraan

masyarakat, pengurangan degradasi lahan, dan penguatan ketahanan air, pangan, serta energi dapat dicapai secara simultan apabila pengelolaan DAS dirancang secara inklusif dan berbasis kebutuhan lokal.

VII. PENUTUP

Transformasi pengelolaan DAS menuju lanskap regeneratif bukan sekadar agenda teknis atau administratif, melainkan perubahan paradigma yang menuntut integrasi ilmu pengetahuan, teknologi, kebijakan, dan partisipasi masyarakat dalam satu sistem sosio-teknis yang menyeluruh. Masa depan pengelolaan DAS di Indonesia bergantung pada kemampuan kita membangun sistem yang mampu pulih sekaligus berkembang secara mandiri.

Upaya menuju lanskap regeneratif tidak hanya memulihkan kerusakan, tetapi juga menciptakan masa depan yang adil, tangguh, dan produktif bagi seluruh kehidupan yang menggantungkan harapan pada air dan tanah. Proses ini harus berakar pada pengetahuan ilmiah, kapasitas lokal, dan komitmen terhadap keberlanjutan ekologis serta kesejahteraan masyarakat.

Hasil riset tidak cukup hanya dipublikasikan; perlu didorong menjadi kebijakan dengan menyalurkan data dan temuan ke dalam proses pengambilan keputusan, agar lahir kebijakan implementatif yang kontekstual dan dapat direplikasi pada beragam karakter biofisik dan sosial budaya. Hasil riset harus menjadi pijakan dalam membangun sistem pengelolaan DAS yang inklusif, adil, dan berkelanjutan, yang tidak hanya menjaga dan meningkatkan kapasitas ekosistem, tetapi juga mensejahterakan masyarakat yang ada didalamnya.

Akhir kata, saya memohon maaf apabila dalam penyampaian materi ini terdapat kekurangan dan kekhilafan. Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa senantiasa memberikan bimbingan, perlindungan, dan kesejahteraan bagi kita semua.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah memberikan anugerah kesehatan dan kekuatan sehingga naskah orasi ini dapat terselesaikan dengan baik. Atas perkenanNya, jenjang karier tertinggi dalam jabatan fungsional peneliti dapat saya raih.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang tinggi ditujukan kepada Presiden Republik Indonesia, Prabowo Subianto; Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Prof. Dr. Arif Satria, S.P., M.Si.; Wakil Kepala BRIN, Prof. Dr. Ir. Amrulla Octavian M.Sc., DESD, ASEAN. Eng.; Ketua Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Ir. Wimpie Agoeng Noegroho Aspar, MSCE., Ph.D.; Sekretaris Majelis Pengukuhan Riset, Prof. Dr. Ir. Zainal Arifin, M.Sc.; Sekretaris Utama Badan Riset dan Inovasi Nasional, Ibu Nur Tri Aries Suestiningtyas, S.,IP., M.A.; Kepala Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan, Dr. Andes Hamurabi Rozak, M.Sc.; Kepala Biro Organisasai dan Sumber Daya Manusia Ibu Ratih Retno Wulandari, S.Sos., M.Si.; Kepala Pusat Riset Ekologi, Asep Hidayat, S.Hut., M.Agr., Ph.D., dan Tim Penelaah Orasi, Prof. Dr. Ir. Pratiwi, M.Sc., Prof. Dr. Ir. Sri Suharti, M.Sc., dan Prof. Dr.rer.nat. Junun Sartohadi, M.Sc.

Ucapan terimakasih setinggi-tingginya saya sampaikan kepada Menteri Kehutanan selama masa pengabdian saya di Kementerian Kehutanan dari 1993 sampai dengan 2021. Terkhusus ucapan terimakasih saya sampaikan kepada Bapak Boen Purnama, Bapak Wahyudi Wardoyo, Bapak Tahrir

Fathoni, Bapak Iman Santosa, Bapak Henry Bastaman, Bapak Agus Justianto, Bapak D. Mulyadi (alm.), Bapak Agus Sarsito, Ibu Nur Masripatin, Bapak Wisnu Prastowo, Bapak I.B. Putera Parthama, Bapak Tri Joko Mulyono, Ibu Silvana Rathina, Bapak Rumpoko Dewodaru, Bapak Kemal Amas, Bapak Edi Subagyo, Bapak Yadi Haryanto, Bapak Djohan Utama Perbatasari., Bapak Markus Kudeng Sallata, Bapak Muh. Abidin, dan Bapak Misto selaku para pimpinan saya di Badan Litbang Kehutanan selama saya berkarir tiga dekade di Kementerian Kehutanan.

Terimakasih kepada para pendidik dan teman-teman sekolah di TK Utama, Basen, Kotagede, SD Kotagede V (Loka), SMPN 9 Yogyakarta angkatan 1979, dan SMPP X (kini SMA 8) Yogyakarta angkatan 1982, para dosen dan mahasiswa rekan perjuangan di Jurusan Konservasi Sumber Daya Hutan, Fakultas Kehutanan IPB (S1) angkatan 22 dan 23, dan Program Studi Pengelolaan DAS IPB (S2) angkatan 1998.

Ucapan terimakasih saya sampaikan Kepada Bapak Dr. Ir. Achmad Machmud Thohari, DEA., Ibu Dr. Ir. Oemijati Rahmatsjah, M.Sc. (almh.), dan ibu Dr. Ir. Dewi M. Prawiradilaga, MSc., selaku pembimbing di tingkat Strata 1 pada Jurusan Konservasi Sumber Daya Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, atas bimbingan dan fondasi keilmuan yang telah ditanamkan.

Ucapan terimakasih juga saya haturkan kepada Prof. Dr. Ir. Naik L. Sinukaban, M.Sc. (alm.) serta Dr. Ir. Latief M. Rachman, M.Sc. selaku pembimbing strata S2 di Program Studi Pengelolaan DAS, IPB, yang telah menanamkan ilmu dasar dan filosofi pengelolaan DAS yang rasional.

Ucapan terimakasih juga saya sampaikan kepada promotor dan supervisor program Doktoral di University of Twente, Belanda, yaitu Prof. Dr. Anne van der Veen selaku promotor pertama pada awal studi, Prof. Dr. Andrew K. Skidmore

selaku promotor pengganti, dan Dr. Yousif A. Hussien selaku supervisor, yang telah membimbing sekaligus membentuk cara berpikir yang ilmiah, integratif dan transformatif. Ucapan terimakasih yang tinggi juga saya sampaikan kepada Tropenbos International (TBI) sebagai sponsor dan pendukung utama studi doktoral saya di University of Twente, Belanda, khususnya kepada Prof. dr. R. G. A. René Boot selaku Direktur TBI, dan Bapak Petrus Gunarso, Ph.D., serta Bapak Dr. Edi Purwanto selaku Direktur TBI Indonesia Programme selama periode saya menempuh studi di Belanda.

Rasa terimakasih dan rasa hormat yang tidak terhingga saya persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, Ayahanda KRT. S. Asmoro Yudohardjoso (alm.), yang selalu percaya pada kemampuan saya untuk meraih kesuksesan di bidang akademik dan senantiasa menanamkan nilai-nilai kehidupan sejak saya kecil. Kepada Ibunda Supadmi Kumolo yang saya cintai, terima kasih atas kasih sayang, doa, dan restu sepanjang hayat yang terus menguatkan saya hingga hari ini.

Kepada pasangan hidup saya, Ir. Yori Tammu tercinta, yang selalu menemani dengan setia melewati hari-hari baik dan buruk, anak-anak saya dr. Marvel Kyas Pungkasaning Yudo, Aura Khyas Yudowati, S.Ds, dan Femme Khyas Yudhani, yang menjadi sumber motivasi dan pencerahan tiada henti, serta seluruh keluarga besar KRT. S. Asmoro Yudoharjoso, dan keluarga besar Andarias Tammu, terima kasih atas dukungan tanpa henti dalam menapaki setiap langkah perjalanan ini.

Kepada Bapak Prof. Dr. Irfan Budi Pramono, M.Sc. sebagai penelaah internal naskah orasi, para kolega peneliti, teknisi dan staff di Kementerian Kehutanan dan BRIN, mitra institusi, serta komunitas masyarakat dan lembaga swadaya masyarakat pendamping di berbagai tapak hutan dan DAS, terima kasih atas

diskusi dan kolaborasi yang kaya makna. Di tengah dinamika pengelolaan sumber daya alam, semangat kebersamaan ini selalu menjadi inspirasi utama dalam riset-riset yang saya jalankan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaliah, E. (2024, 3 Agustus). Pemkot Semarang Implementasikan Hasil Penelitian BRIN, Terapkan Alat Pendeteksi Banjir dan Longsor di 20 Titik. *BeritaJateng.TV*. <https://beritajateng.tv/pemkot-semarang-implementasikan-hasil-penelitian-brin-terapkan-alat-pendeteksi-banjir-dan-longsor-di-20-titik/>
- Anida, S. (2023). Implementasi Teknologi Big Data di Bidang Geospasial. *Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1 (11), 601-604. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.10396546>
- ARS. (2016, 8/12/2016). *USLE History*. National Soil Erosion Research Laboratory, Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture. Retrieved 6 January 2025 from <https://www.ars.usda.gov/midwest-area/west-lafayette-in/national-soil-erosion-research/docs/usle-database/usle-history/>
- Aulia, D. D. (2024, 3 Agustus). Pemkot Semarang Terapkan Alat Pendeteksi Banjir-Longsor BRIN di 20 Titik. *DetikNews*. <https://news.detik.com/berita/d-7369522/pemkot-semarang-terapkan-alat-pendeteksi-banjir-longsor-brin-di-20-titik>
- Auliyani, D., Setiawan, O., **Nugroho, H. Y. S. H.**, Wahyuningrum, N., Hardjo, K. S., Videllisa, G. A., . . . Ardiyanti, N. (2024). Micro Hydro Power Site Characterization in Indonesia: Variable Optimization for Site Selection Using GeoDetector and RFE-Random Forest. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1357(1), 012025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1357/1/012025>
- Basuki, T. M., **Nugroho, H. Y. S. H.**, Indrajaya, Y., Pramono, I. B., Nugroho, N. P., Supangat, A. B., . . . Simarmata, D. P. (2022). Improvement of Integrated Watershed Management in Indonesia

- for Mitigation and Adaptation to Climate Change: A Review. *Sustainability*, 14(16), 9997. <https://doi.org/10.3390/su14169997>
- CBA. (2023). Circular Bioeconomy Alliance Principles for Regenerative Landscapes, Version 1. In (28 June 2023 ed.). Circular Bioeconomy Alliance.
- CNN Indonesia (2024, 3 Agustus). Semarang Jadi Pelopor Terapkan Alat Pemantau Kualitas Udara Mobile. *CNN Indonesia*. <https://www.cnnindonesia.com/nasional/20240602130413-25-1104832/semarang-jadi-pelopor-terapkan-alat-pemantau-kualitas-udara-mobile>
- Direktorat Perencanaan dan Pengawasan Pengelolaan DAS (2022). *Rencana Strategis Direktorat Perencanaan dan Pengawasan Pengelolaan DAS Tahun 2020 - 2024 (Revisi)* (Agustus 2022 ed.). Direktorat Perencanaan dan Pengawasan Pengelolaan DAS, Direktorat Jenderal Pengelolaan DAS dan Rehabilitasi Hutan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- DKN. (2017). *Rekomendasi Kebijakan: Instrumen Free, Prior Informed Consent (FPIC) Bagi Masyarakat Adat dan atau Masyarakat Lokal yang Akan Terkena Dampak dalam Aktivitas REDD+ di Indonesia*. Dewan Kehutanan Nasional dan UN-REDD Programme Indonesia. <https://www.un-redd.org/sites/default/files/2021-09/FPIC%20Indonesian%20version%20%28419844%29.pdf>
- Dooge, J. C. I. (1974). The Development of Hydrological Concepts in Britain and Ireland between 1674 and 1874. *Hydrological Sciences Bulletin*, 19(3), 279-302. <https://doi.org/10.1080/02626667409493917>
- FMIPA UGM (2024, 26 Juni). *Teknologi IoT dan Big Data Potensial Dikembangkan di Sektor Pertanian dan Kelautan*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada. <https://mipa.ugm.ac.id/2024/06/26/teknologi-iot-dan-big-data-potensial-dikembangkan-di-sektor-pertanian-dan-kelautan/>

- Fulazzaky, M. A. (2014). Challenges of Integrated Water Resources Management in Indonesia. *Water*, 6(7), 2000-2020. <https://doi.org/10.3390/w6072000>
- Galudra, G., & Sirait, M. (2009). A Discourse on Dutch Colonial Forest Policy and Science in Indonesia at the Beginning of the 20th Century. *The International Forestry Review*, 11(4), 524-533. <http://www.jstor.org/stable/43739830>
- Gibbons, L. V., Cloutier, S. A., Coseo, P. J., & Barakat, A. (2018). Regenerative Development as an Integrative Paradigm and Methodology for Landscape Sustainability. *Sustainability*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/su10061910>
- Guntara, M. (2024, 14 Juni). Tantangan Implementasi Big Data di Indonesia. *Kedaulatan Rakyat*.
<https://www.utdi.ac.id/terbitan/136/tantangan-implementasi-big-data-di-indonesia>
- Indrajaya, Y., Yuwati, T. W., Lestari, S., Winarno, B., Narendra, B. H., **Nugroho, H. Y.**, . . . Mendham, D. (2022). Tropical Forest Landscape Restoration in Indonesia: A Review. *Land*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/land11030328>
- Isnan, W., **Nugroho, H. Y. S. H.**, & Saad, M. (2021). Willingness to pay estimation of microhydro power plant user for hydrological ecosystem services in North Buton Wildlife Reserve Area. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 917(1), 012034. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/917/1/012034>
- Krievins, K., Baird, J., Plummer, R., Brandes, O., Curry, A., Imhof, J., . . . Swartling, Å. G. (2015). *Resilience in a Watershed Governance Context: A Primer*. Environmental Sustainability Research Centre. <https://www.sei.org/mediamanager/documents/Publications/SEI-2015-Primer-EnvironmentalSustainabilityResearchCentre-ResilienceInAWatershedGovernanceContextAPrimer-Krievins-et-al.pdf>

- Lafren, J. M., & Moldenhauer, W. C. (2003). *Pioneering Soil Erosion Prediction, The USLE Story* (Vol. Special Publication No.1). World Association of Soil & Water Conservation – WASWC. <http://www.waswac.org.cn/waswac/rootfiles/2017/08/17/1499910848089833-1499910848091119.pdf>
- Mang, P., & Reed, B. (2012). Designing from place: a regenerative framework and methodology. *Building Research & Information*, 40(1), 23-38. <https://doi.org/10.1080/09613218.2012.621341>
- Muchiri, K. (2023). Regenerative Landscapes and Sense of Place. *African Journal of Landscape Architecture*, 8 (3). <https://www.ajlajournal.org/articles/regenerative-landscapes-and-sense-of-place#:~:text=Regenerative%20landscape%20design,-Regenerative%20landscape%20design&text=This%20approach%20encourages%20landscapes%20to,and%20non%2Dhuman%20communities%20alike.>
- Najib, N. N., **Nugroho, H. Y. S. H.**, Isnan, W., & Saad, M. (2023). Effect of size and additives on the decomposition process and nutrient content of urban organic waste compost. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1180(1), 012043. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1180/1/012043>
- Narendra, B. H., Siregar, C. A., Dharmawan, I. W. S., Sukmana, A., Pratiwi., Pramono, I. B., Basuki, T.M, **Nugroho, H. Y. S. H.** . Yuwati, T. W. (2021). A review on sustainability of watershed management in Indonesia. *Sustainability*, 13(19), 11125. <https://doi.org/10.3390/su131911125>
- Ngongo, Y., deRosari, B., Basuki, T., Njurumana, G. N., Nugraha, Y., Harijanja, A. H., . . . **Nugroho, H. Y. S. H.** (2023). Land Cover Change and Food Security in Central Sumba: Challenges and Opportunities in the Decentralization Era in Indonesia. *Land*, 12(5), 1043. <https://doi.org/10.3390/land12051043>

- Nugroho, H. Y. S. H.** (2000). *Evaluasi Dampak Pengelolaan Lahan Terhadap Kualitas Aliran Sungai dan Pendapatan Petani DAS Gobeh, Wonogiri, Jawa Tengah* [Thesis, Institut Pertanian Bogor]. Bogor.
- Nugroho, H. Y. S. H.** (2001). An Application of AGNPS (Agricultural Non-Point Sources Pollution Model) for Evaluating the Impact of Watershed Management. *Indonesian Forestry Research Journal*, 2(1), 35-49.
- Nugroho, H. Y. S. H.** (2002a). Easing The Burden on The Land with Gamal Hedgerows *APANews- Asia Pacific Agroforestry Newsletter*, 21.
- Nugroho, H. Y. S. H.** (2002b). Teknik Konservasi Tanah dan Air (KTA) dalam Pencegahan dan Pengendalian Banjir. *Jurnal Air Lahan dan Mitigasi Bencana, Alami, BPPT*, 7 (2) (Bencana Banjir dan Permasalahannya), 19-25.
- Nugroho, H. Y. S. H.** (2002c). Teknik Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah di Lembah Palu . *Jurnal Air Lahan dan Mitigasi Bencana, Alami, BPPT*, 7 (1) (Pemanfaatan Lahan Marginal), 34-37.
- Nugroho, H. Y. S. H.** (2005). Teknologi Konservasi Tanah dan Air pada Usahatani Hortikultura. *Manual BP2TPDAS IBT*, 1 (1).
- Nugroho, H. Y. S. H.** (2011). Microhydro: Green Energy from Forest Area Enhancing Better Relationship Between Forest and People, in International Conference of Indonesia Forestry Researchers. In Parthama, I.B.P., Mas'ud, A.F., Mindawati, N., Pari, G., Krisnawati, H., Krisdianto, Subiakto, A., Maryani, R., Setyawati, T., Leksono, B., Turjaman, M., Yofy, E.Y., Sundawati, L., & Nurrochmat, D. (Eds.). *Proceeding INAFOR 2011 : Strengthening Forest Science and Technology for Better Forestry Development* (786-791). Forestry Research and Development Agency, Ministry of Forestry.

- Nugroho, H. Y. S. H.** (2012). Teknik KTA dan Model Hidrologi untuk Menggiatkan Partisipasi dalam Pengelolaan DAS. In A. S. Mukhtar, Paimin, B. Nurkin, M. Bismark, & A. Ahmad (Eds.), *Kumpulan Karya Ilmiah BPK Makassar: IPTEK Mendukung Kelestarian Hutan dan Kesejahteraan Masyarakat* (36-64). Balai Penelitian Kehutanan Makassar.
- Nugroho, H. Y. S. H.** (2014). Predicting Future Deforestation using Area Production Model and GIS. In Lee, S.S., Mas'ud, F., Siregar, C.A., Pratiwi, Mindawati, N., Pari, G., Turjaman, M., Krisdianto, Krisnawati, H., Siregar, I.Z., Laba, W., Mardiatuti, A., & Wahyudi, I (Eds.). *Proceedings of The 2nd INAFOR : Celebrating a 100-year Forestry Research in Indonesia Forestry Research for Sustainable Forest Management and Community Welfare* (537-556). Forestry Research and Development Agency, Ministry of Forestry.
- Nugroho, H. Y. S. H.** (2015). Cascade Microhydro System , Optimalisasi Hasil Air untuk Kesejahteraan Masyarakat. Dalam Irawan, E., Sudarwanto, S., Basuki, T.M., Savitri, E., Anna, A.N., Supangat, A.B., Suprpto, M., Pramoni, I.B., Priyono, K.D., Donie, S., Anantayu, S., Nugroho, N.P., & Setyono, P (Eds.). *Seminar Nasional Restorasi DAS : Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim*, (614-625). Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.
- Nugroho, H. Y. S. H.** (2015). Dampak Perubahan Penggunaan dan Penutupan Lahan Terhadap Kualitas Hasil Air: Studi Kasus di DAS Mikro Datara, Gowa, Sulawesi Selatan. Dalam Hendarto, K.A., Idris, H., Darmawan, S., Mashur, Baskorowati, L., & Santosa, H.B. (Eds.). *Prosiding Seminar Nasional Sewindu BPTHBK Mataram : Pengarusutamaan Hasil Litbang Lingkungan Hidup dan Kehutanan sebagai Lokomotif Pembangunan Berkelanjutan*, (328-336). Balai Penelitian Teknologi Hasil Hutan Bukan Kayu Mataram.

- Nugroho, H. Y. S. H.** (2015). Pemanfaatan Jasa Lingkungan Daerah Tangkapan Air PLTMH: Optimalisasi Pemanfaatan Hasil Air dari Hutan untuk Masyarakat Hulu DAS. Dalam Setijono, H., Latifah, S., Basyuni, Patana, P., Samsuri, Susilowati, A., Hartini, K.S., & Hakim, L. (Eds.). *Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian Balai Penelitian Kehutanan Aek Nauli : Revitalisasi Pengelolaan Hutan Berbasis KPH dan Mendukung Geopark Kaldera Toba*, (40-57). Balai Penelitian Kehutanan Aek Nauli.
- Nugroho, H.Y.S.H.** (2016). 6+10+20=23+32+45=Collective Participation The Cascade Microhydro Power System in Bulukumba. In Siregar, C.A., Pratiwi, Mindawati, N., Pari, G., Turjaman, M., Tata, H.L., Krisnawati, H., Setyawati, T., Krisdianto, Sakuntaladewi, N., Muttaqiem, Z., & Balfas, J. (Eds.). *Proceedings of International Conference of Indonesia Forestry Researcher III – 2015 : Forestry research to support sustainable timber production and self-sufficiency in food, energy, and water*. Research, Development and Innovation Agency, Ministry of Environment and Forestry.
- Nugroho, H. Y. S. H.** (2016). Perancangan Partisipatif Strategi Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah dan Air. Dalam Nugroho, N.P., Cahyono, S.A., Rahmi, I.G.A.K., Suprpto, M., Priyono, K.D., Anantanyu, S., Absori, Supangat, A.B., Savitri, E., Basuki, T.M., & Irawan, E. (Eds.). *Prosiding Seminar Nasional Peran Pengelolaan DAS untuk Mendukung Ketahanan Air* (488-500). Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.
- Nugroho, H. Y. S. H.** (2016). Rekayasa penakar hujan sederhana untuk mendukung mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. *Temu Lapang dan Ekspose Teknologi Pengelolaan Iklim Ekstrim dan Air : Upaya Khusus Optimalisasi Sumber Daya Air Lahan Kering 4 Juta Ha untuk Meningkatkan serta Mengamankan Luas Tanam dan Produksi pada Kondisi Iklim Ekstrim*. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi.

- Nugroho, H. Y. S. H.** (2018). Composted Trees Litter : A Potential Organic Fertilizer from Urban Forest. In Rimbawanto, A., Krisdianto, Turjaman, M., Tata, H.L., Krisnawati, H., Setyawati, T., Sakuntaladewi, N., & Muttaqiem, Z. (Eds.). *Proceedings of IUFRO-INAFOR Joint International Conference 2017 "Promoting Sustainable Resources from Plantation for Economic Growth and Community Benefits"*. Research Development and Innovation Agency, Ministry of Environment and Forestry.
- Nugroho, H. Y. S. H.** (2019). *Engaging with Adat People in Sustainable Forest Management* [Dissertation, The University of Twente]. Enschede, Netherland. <https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/144405048/nugroho.pdf>
- Nugroho, H. Y. S. H.** (2021). *Mikrohidro Partisipatif di Sulawesi*. Forest Digest. Retrieved 12 April 2024 from <https://www.forestdigest.com/detail/1096/cara-membangun-pembangkit-mikrohidro>
- Nugroho, H. Y. S. H.** (2023). Insentif Mikrohidro dalam Pembayaran Jasa Ekosistem. *Forest Digest*. <https://www.forestdigest.com/detail/2232/jasa-ekosistem-mikrohidro>
- Nugroho, H. Y. S. H.** (2023). Kembali ke 'Hulu': Mitigasi Komprehensif Bencana Banjir. *AgroIndonesia*. <https://agroindonesia.co.id/kembali-ke-hulu-mitigasi-komprehensif-bencana-banjir/>
- Nugroho, H. Y. S. H., & Amas, K.** (2003). Kebijakan dan Implementasi Pengelolaan DAS di Kawasan Timur Indonesia. *Jurnal Air Lahan dan Mitigasi Bencana, Alami, BPPT*, 8 (1) (Pengelolaan Daerah Aliran Sungai), 13-19.
- Nugroho, H. Y. S. H., Basuki, T. M., Pramono, I. B., Savitri, E., Purwanto, Indrawati, D. R., . . . Nandini, R.** (2022). Forty Years of Soil and Water Conservation Policy, Implementation, Research and Development in Indonesia: A Review. *Sustainability*, 14(5), 2972. <https://doi.org/10.3390/su14052972>

- Nugroho, H. Y. S. H.,** Basuki, T. M., Pratiwi, Savitri, E., Supangat, A. B., Putra, P. B., . . . Hasani, M. (2025). Advancing air quality monitoring systems towards sustainable green development: Insight for metropolitan cities in Indonesia. *Environmental and Sustainability Indicators*, 26, 100649. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100649>
- Nugroho, H. Y. S. H.,** Dewi, I. N., & Sallata, M. K. (2022). *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Konservasi Tanah & Air, Menjaga Keseimbangan Ekosistem Air dan Tanah*. Penerbit Andi.
- Nugroho, H. Y. S. H.,** & Ekowati, E. (2003). Aplikasi AGNPS dalam Perencanaan Pengelolaan DAS Jeneberang Hulu *Buletin Penelitian Hutan, FORDA*.
- Nugroho, H. Y. S. H.,** Indrajaya, Y., Astana, S., Murniati, Suharti, S., Basuki, T. M., . . . Rahmila, Y. I. (2023). A Chronicle of Indonesia's Forest Management: A Long Step towards Environmental Sustainability and Community Welfare. *Land*, 12(6), 1238. <https://doi.org/10.3390/land12061238>
- Nugroho, H. Y. S. H.,** Indrajaya, Y., Christanto, N., Sudiana, N., Setiawan, O., Hanindityasari, L., . . . Syah Della, R. (2025). Exploring the complex relationship of flood influences in Upper Serayu River Basin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1438(1), 012076. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1438/1/012076>
- Nugroho, H. Y. S. H.,** Indrawati, D. R., Indrajaya, Y., & Yuwati, T. W. (2023). Does Indigenous Wisdom Still Exist? Toward the Involvement of Indigenous Peoples in Disaster Risk Reduction. In G. K. Panda, U. Chatterjee, N. Bandyopadhyay, M. D. Setiawati, & D. Banerjee (Eds.), *Indigenous Knowledge and Disaster Risk Reduction: Insight Towards Perception, Response, Adaptation and Sustainability* (107-125). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26143-5_6

- Nugroho, H. Y. S. H.,** Indrawati, D. R., Wahyuningrum, N., Adi, R. N., Supangat, A. B., Indrajaya, Y., . . . Hani, A. (2022). Toward Water, Energy, and Food Security in Rural Indonesia: A Review. *Water*, 14(10), 1645. <https://doi.org/10.3390/w14101645>
- Nugroho, H. Y. S. H.,** & Iwanuddin. (2006). Kelembagaan dan Nilai Air DAS: Mulai dari yang kecil, dari diri sendiri dan saat ini (Pengalaman dari Sub DAS Mararin Sub, DAS Saddang, Tana Toraja). *Prosiding Seminar: Peran Serta Para Pihak dalam Pengelolaan Jasa Lingkungan di DAS Citatih-Cimandiri*, (101-121). Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Kehutanan.
- Nugroho, H. Y. S. H.,** Nurfatriani, F., Indrajaya, Y., Yuwati, T. W., Ekawati, S., Salminah, M., . . . Baral, H. (2022). Mainstreaming Ecosystem Services from Indonesia Remaining Forests. *Sustainability*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/su141912124>
- Nugroho, H. Y. S. H.,** Pratiwi, Purwanto, Nandini, R., Adi, R. N., Savitri, E., . . . Nugroho, A. W. (2025). Building Adaptive and Resilient Community to Climate Change Through Micro Watershed Management Strategies to Support the Achievement of Village SDGs. In S. C. Pal, U. Chatterjee, A. Saha, & D. Ruidas (Eds.), *Climate Change: Conflict and Resilience in the Age of Anthropocene* (pp. 329-353). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-85359-3_14
- Nugroho, H. Y. S. H.,** Saad, M., Isnan, W., & Suryaman, A. (2020). Performance assessment of KOMBI, energy-saving biomass stove: a gender friendly technology for rural and semi urban communities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 415(1), 012010. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/415/1/012010>
- Nugroho, H. Y. S. H.,** & Sallata, M. K. (2015). *PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) Panduan Lengkap Membuat Sumber Energi Terbarukan Secara Swadaya*. Penerbit Andi.

- Nugroho, H. Y. S. H.**, Sallata, M. K., Allo, M. K., Wahyuningrum, N., Supangat, A. B., Setiawan, O., . . . Najib, N. N. (2023). Incorporating Traditional Knowledge into Science-Based Sociotechnical Measures in Upper Watershed Management: Theoretical Framework, Existing Practices and the Way Forward. *Sustainability*, 15(4), 3502. <https://doi.org/10.3390/su15043502>
- Nugroho, H. Y. S. H.**, Sallata, M. K., Isnan, W., Saad, M., & Hermawan, A. (2021). Effectiveness of soil and water conservation structures in increasing community perception and controlling erosion and sedimentation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 874(1), 012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/874/1/012012>
- Nugroho, H. Y. S. H.**, Savitri, E., Wahyuningrum, N., Sudiana, N., Indrajaya, Y., & Christanto, N. (2022). Citizen science: Realizing a participatory rain data management for flood disasters early warning systems and building disaster awareness from a very young age. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1109(1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1109/1/012015>
- Nugroho, H. Y. S. H.**, Skidmore, A. K., & Hussin, Y. A. (2022). Verifying Indigenous based-claims to forest rights using image interpretation and spatial analysis: a case study in Gunung Lumut Protection Forest, East Kalimantan, Indonesia. *GeoJournal*, 87(1), 403-421. <https://doi.org/10.1007/s10708-020-10260-x>
- Nugroho, H. Y. S. H.**, & Syahidan. (2006). Tanaman Ubi Jalar : Tanaman Serbaguna untuk Konservasi Tanah dan Air di DAS Saddang, Sulawesi Selatan. In *Seri Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Makassar: BP2TPDAS IBT.
- Nugroho, H. Y. S. H.**, van der Veen, A., Skidmore, A. K., & Hussin, Y. A. (2018). Expansion of traditional land-use and deforestation: a case study of an adat forest in the Kandilo Subwatershed, East Kalimantan, Indonesia. *Journal of Forestry Research*, 29(2), 495-513. <https://doi.org/10.1007/s11676-017-0449-9>

- Nugroho, H. Y. S. H.**, Veen, A. V. D., Skidmore, A., & Hussin, Y. A. (2017). Theoretical Framework for Spatial Planning and Forest Management in Indonesia: Securing the Basic Rights for Adat People. *Indonesian Journal of Forestry Research*, 4 (1), 69-83. <https://doi.org/10.20886/ijfr.2017.4.1.69-83>
- Nugroho, H. Y. S. H.**, Wahyuningrum, N., Basuki, T. M., Supangat, A. B., Auliyani, D., Indrajaya, Y., . . . Samawandana, G. (2025). Sustainable Resilience for Integrated Watersheds Management Under Climate Change: Lesson Learned from Indonesia. In S. C. Pal, U. Chatterjee, A. Saha, & D. Ruidas (Eds.), *Climate Change: Conflict and Resilience in the Age of Anthropocene* (pp. 303-327). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-85359-3_13
- Octavia, D., Suharti, S., Murniati, Dharmawan, I. W. S., **Nugroho, H. Y. S. H.**, Supriyanto, B., . . . Ekawati, S. (2022). Mainstreaming Smart Agroforestry for Social Forestry Implementation to Support Sustainable Development Goals in Indonesia: A Review. *Sustainability*, 14(15), 9313. <https://doi.org/10.3390/su14159313>
- Reed, B. (2007). Shifting from ‘sustainability’ to regeneration. *Building Research & Information*, 35(6), 674-680. <https://doi.org/10.1080/09613210701475753>
- RICS. (2021). *Regenerative landscapes – part 1: What does history teach us about the future of our planet?* . Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). Retrieved 8 September 2025. <https://www.rics.org/news-insights/wbef/regenerative-landscapes--part-1-what-does-history-teach-us-about-the-future-of-our-planet>
- Ross, J. F. (2018). The Visionary John Wesley Powell Had a Plan for Developing the West, But Nobody Listened *Smithsonian Magazine*. <https://www.smithsonianmag.com/smithsonian-institution/visionary-john-wesley-powell-had-plan-developing-west-nobody-listened-180969182/>

- Savaget, P., Geissdoerfer, M., Kharrazi, A., & Evans, S. (2019). The theoretical foundations of sociotechnical systems change for sustainability: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 206, 878-892. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.208>
- Savitri, E., Wahyuningrum, N., **Nugroho, H. Y. S. H.**, Sudiana, N., Indrajaya, Y., & Christanto, N. (2022). Identification of the rain gauge stations for the participatory flood and landslide mitigation in the Serayu river basin, Central Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1109(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1109/1/012007>
- Setiawan, O., & **Nugroho, H. Y. S. H.** (2003). Pendekatan Model AGNPS dalam Tata Ruang, di Sub DAS Tapabuoti di Gorontalo. *Buletin Penelitian Hutan, FORDA*.
- Setiawan, O., & **Nugroho, H. Y. S. H.** (2006). Kualitas Aliran Sub DAS Wuno dan Miu DAS Palu (Discharge Quality of Wuno and Miu Sub Watershed, palu Watershed). *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 3 (4), 389 - 400.
- Setiawan, O., **Nugroho, H. Y. S. H.**, Wahyuningrum, N., Auliyani, D., & Hardjo, K. S. (2024). A suitability modeling based on geographic information system for potential micro hydropower dam site. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 10(2), 713-732. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2024.02.18>
- Soulis, K. X. (2021). Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Method: Current Applications, Remaining Challenges, and Future Perspectives. In K. X. Soulis (Ed.), *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Method Current Applications, Remaining Challenges, and Future Perspectives*. MDPI. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-0821-4>
- Supangat, A. B., Basuki, T. M., Indrajaya, Y., Setiawan, O., Wahyuningrum, N., Purwanto, . . . Anggraeni, I. (2023). Sustainable Management for Healthy and Productive Watersheds

- in Indonesia. *Land*, 12(11), 1963. <https://doi.org/10.3390/land12111963>
- Trist, E. L., & Bamforth, K. W. (1951). Some Social and Psychological Consequences of the Longwall Method of Coal-Getting: An Examination of the Psychological Situation and Defences of a Work Group in Relation to the Social Structure and Technological Content of the Work System. *Human Relations*, 4(1), 3-38. <https://doi.org/10.1177/001872675100400101>
- Wang, G., Mang, S., Cai, H., Liu, S., Zhang, Z., Wang, L., & Innes, J. L. (2016). Integrated watershed management: evolution, development and emerging trends. *Journal of Forestry Research*, 27(5), 967-994. <https://doi.org/10.1007/s11676-016-0293-3>
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Prediction Rainfall Erosion Losses : A Guide to Conservation Planning*. Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture. https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/60600505/RUSLE/AH_537%20Predicting%20Rainfall%20Soil%20Losses.pdf
- Woodford, A. O. (1958). The Admirable Discourses of Bernard Palissy. *Journal of Geological Education*, 6(1), 32-33. <https://doi.org/https://doi.org/10.5408/0022-1368-6.1.32b>
- Yusuf, M. D., & Putri, G. S. (2024, 3 Agustus). BRIN Kembangkan Alat Pendeteksi Polusi Udara di Kota Semarang. *Kompas.Com*. <https://regional.kompas.com/read/2024/06/03/121155278/brin-kembangkan-alat-pendeteksi-polusi-udara-di-kota-semarang>

DAFTAR CAPAIAN DALAM BIDANG IPTEK, RISET, DAN INOVASI

Karya Tulis Ilmiah

- | | |
|-----------------------------------|---------|
| 1. Buku Internasional | - buah |
| 2. Buku Nasional | 6 buah |
| 3. Bagian dari Buku Internasional | 3 buah |
| 4. Bagian dari Buku Nasional | 1 buah |
| 5. Jurnal Internasional | 18 buah |
| 6. Jurnal Nasional | 17 buah |
| 7. Prosiding Internasional | 12 buah |
| 8. Prosiding Nasional | 12 buah |

Kekayaan Intelektual

- | | |
|-------------------|--------|
| 9. Paten Nasional | 2 buah |
| a. Terdaftar | 2 buah |
| b. Tersertifikasi | - buah |
| 10. Hak Cipta | 9 buah |

Karya Tulis Ilmiah

Buku Nasional

1. **Nugroho, H.Y.S.H.** (2005). *Teknologi Konservasi Tanah dan Air pada Usahatani Hortikultura*. Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan DAS Indonesia Bagian Timur. Kementerian Kehutanan
2. **Nugroho, H.Y.S.H.** (2005). *Tanaman Ubi Jalar : Tanaman Serbaguna untuk Konservasi Tanah dan Air di DAS Saddang, Sulawesi Selatan*. Booklet Konservasi Tanah dan Air. Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan DAS Indonesia Bagian Timur. Kementerian Kehutanan
3. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Tira, L.O., Narendra, B.H., Ekowati, E., Salim, A.G., ... Sulaeman, M., (2006). *Glossary Pengelolaan DAS*. Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan DAS, Indonesia Bagian Timur. Badan Litbang Kehutanan. Kementerian Kehutanan.
4. **Nugroho, H.Y.S.H.**, & Sallata, M.K. (2015). *PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) Panduan Lengkap Membuat Sumber Energi Terbarukan Secara Swadaya*. Penerbit Andi.
5. Sallata, M.K., & **Nugroho, H.Y.S.H.** (2019). *Pengelolaan Lahan Kering : Potensi Fungsi dan Permasalahan pada Lahan Kering, Penyebab Degradasi Lahan, Dampak, Rehabilitasi dan Kebijakannya*. Penerbit Andi.
6. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Dewi, I.N., & Sallata, M.K. (2022). *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) & Konservasi Tanah dan Air. Menjaga Keseimbangan Air dan Tanah*. Penerbit Andi.

Bagian dari Buku Internasional

7. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Indrawati, D.R., Indrajaya, Y., & Yuwati, T.W. (2023). Does Indigenous Wisdom Still Exist? Toward the Involvement of Indigenous Peoples in Disaster Risk Reduction

In Pand, G.K., Chatterjee, U., Bandyopadhyay, N., Setiawati, M.D., & Banerjee, D. (Eds.). *Indigenous Knowledge and Disaster Risk Reduction. Insight Towards Perception, Response, Adaptation and Sustainability*, (107-125). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26143-5_6

8. **Nugroho, H.Y.S.H**, Wahyuningrum, N., Basuki , T.M., ... Samawandana, G. (2025). *Sustainable Resilience for Integrated Watersheds Management Under Climate Change: Lesson Learned from Indonesia*. In: Pal, S.C., Chatterjee, U., Saha, A., Ruidas, D. (eds) *Climate Change: Conflict and Resilience in the Age of Anthropocene*. *Advances in Global Change Research*, vol 80. Springer, Cham. Pages 303-327. https://doi.org/10.1007/978-3-031-85359-3_13
9. **Nugroho, H.Y.S.H**, Pratiwi, Purwanto, ... Nugroho, A.W. (2025). *Building Adaptive and Resilient Community to Climate Change Through Micro Watershed Management Strategies to Support the Achievement of Village SDGs*. In: Pal, S.C., Chatterjee, U., Saha, A., Ruidas, D. (eds) *Climate Change: Conflict and Resilience in the Age of Anthropocene*. *Advances in Global Change Research*, vol 80. Springer, Cham. Pages 329-353. https://doi.org/10.1007/978-3-031-85359-3_14

Bagian Buku Nasional

10. **Nugroho, H.Y.S.H**. 2012. *Teknik KTA dan Model Hidrologi untuk Menggiatkan Partisipasi dalam Pengelolaan DAS* (Soil and Water Conservation Techniques and Hidrology Model to enhance participation in watershed management). Orasi Ilmiah, Balai Penelitian Kehutanan Makassar: "IPTEK Mendukung Kelestarian Hutan dan Kesejahteraan Masyarakat ". Makassar, 15 Desember 2011.

Jurnal Internasional

11. **Nugroho, H. Y. S. H.**, van der Veen, A., Skidmore, A. K., & Hussin, Y. A. (2017). Expansion of traditional land-use and deforestation: a case study of an adat forest in the Kandilo Subwatershed, East Kalimantan, Indonesia. *Journal of Forestry Research* 29 (2), 495-513. doi: <https://doi.org/10.1007/s11676-017-0449-9>
12. **Nugroho, H. Y. S. H.**, van der Veen, A., Skidmore, A. K., & Hussin, Y. A. (2017). Theoretical Framework for Spatial Planning and Forest Management in Indonesia: Securing The Basic Rights for Adat People. *Indonesian Journal of Forestry Research*, 4(1), 15. doi:<https://doi.org/10.20886/ijfr.2017.4.1.69-83>
13. **Nugroho, H. Y. S. H.**, Skidmore, A., & Hussin, Y. A. (2020). Verifying Indigenous based-claims to forest rights using image interpretation and spatial analysis: a case study in Gunung Lumut Protection Forest, East Kalimantan, Indonesia. *GeoJournal*, 87(1), 403-421. <https://doi.org/10.1007/s10708-020-10260-x>
14. Purwanto, E., Santoso, H., Jelsma, I., Widayati, A., **Nugroho, H. Y. S. H.**, & van Noordwijk, M. (2020). Agroforestry as Policy Option for Forest-Zone Oil Palm Production in Indonesia. *Land*, 9(12), 531. doi:<https://doi.org/10.3390/land9120531>
15. Narendra, B. H., Siregar, C. A., Dharmawan, I. W. S., Sukmana, A., Pratiwi, Pramono, I. B., Basuki, T.M, **Nugroho, H.Y.S.H.** . . Yuwati, T. W. (2021). A Review on Sustainability of Watershed Management in Indonesia. *Sustainability*, 13(19), 11125. <https://doi.org/10.3390/su131911125>
16. Yuwati, T. W., Rachmanadi, D., Pratiwi, Turjaman, M., Indrajaya, Y., **Nugroho, H. Y. S. H.**, . . . Mendham, D. (2021). Restoration of Degraded Tropical Peatland in Indonesia: A Review. *Land*, 10(11), 1170. <https://doi.org/10.3390/land10111170>

17. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Basuki, T.M., Pramono, I.B., Savitri, E., Purwanto, Indrawati, D.R., ... Nandini, R. (2022). Forty Years of Soil and Water Conservation Policy, Implementation, Research and Development in Indonesia: A Review. *Sustainability*, 14(5), 2972. <https://doi.org/10.3390/su14052972>
18. Indrajaya, Y., Yuwati, T.W., Lestari, S., Winarno, B., Narendra, B.H., **Nugroho, H.Y.S.H.**, ... Mendham, D. (2022). Tropical Forest Landscape Restoration in Indonesia: A Review. *Land* 11(3), 328. <https://doi.org/10.3390/land11030328>
19. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Indrawati, D.R., Wahyuningrum, N., Adi, R.N., Supangat, A.B., Indrajaya, Y., ... Hani, A. (2022). Toward Water, Energy, and Food Security in Rural Indonesia: A Review. *Water*, 14(10), 1645. <https://doi.org/10.3390/w14101645>
20. Octavia, D., Suharti, S., Murniati, Dharmawan, I.W.S., **Nugroho, H.Y.S.H.**, Supriyanto, B., ... Ekawati, S. (2022). Mainstreaming Smart Agroforestry for Social Forestry Implementation to Support Sustainable Development Goals in Indonesia: A Review. *Sustainability*, 14(15), 9313. <https://doi.org/10.3390/su14159313>
21. Basuki, T.M., **Nugroho, H.Y.S.H.**, Indrajaya, Y., Pramono, I.B., Nugroho, N.P., Supangat, A.B., ... Simarmata, D. (2022). Improvement of Integrated Watershed Management in Indonesia for Mitigation and Adaptation to Climate Change: A Review. *Sustainability*, 14(1),9997. <https://doi.org/10.3390/su14169997>
22. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Nurfatriani, F., Indrajaya, Y., Yuwati, T.W., Ekawati, S.; Salminah, M., ... Baral, H. (2022) Mainstreaming Ecosystem Services from Indonesia's Remaining Forests. *Sustainability*, 14(19), 12124. <https://doi.org/10.3390/su141912124>
23. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Sallata, M.K., Allo, M.K., Wahyuningrum, N., Supangat, A.B., Setiawan, O., ... Najib, N.N. (2023). Incorporating Traditional Knowledge into Science-Based

Sociotechnical Measures in Upper Watershed Management: Theoretical Framework, Existing Practices and the Way Forward. *Sustainability*, 15(4), 3502. <https://doi.org/10.3390/su15043502>

24. Ngongo, Y., deRosari, B., Basuki, T., Njurumana, G. N., Nugraha, Y., Harianja, A. H., . . . **Nugroho, H. Y. S. H.** (2023). Land Cover Change and Food Security in Central Sumba: Challenges and Opportunities in the Decentralization Era in Indonesia. *Land*, 12(5), 1043. <https://doi.org/10.3390/land12051043>
25. **Nugroho, H. Y. S. H.**, Indrajaya, Y., Astana, S., Murniati, Suharti, S., Basuki, T. M., . . . Rahmila, Y. I. (2023). A Chronicle of Indonesia's Forest Management: A Long Step towards Environmental Sustainability and Community Welfare. *Land*, 12(6), 1238. <https://doi.org/10.3390/land12061238>
26. Setiawan, O., **Nugroho, H. Y. S. H.**, Wahyuningrum, N., Auliyani, D., & Hardjo, K.S. (2024). A suitability modeling based on geographic information system for potential micro hydropower dam site. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 10(2): 713-732. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2024.02.18>
27. Basuki, T. M., Indrawati, D. R., **Nugroho, H. Y. S. H.**, Pramono, I. B., Setiawan, O., Nugroho, N. P. ... Sartohadi, J. (2024). Water Pollution of Some Major Rivers in Indonesia: The Status, Institution, Regulation, and Recommendation for Its Mitigation. *Polish Journal of Environmental Studies*, 33(4), 3515-3530. <https://doi.org/10.15244/pjoes/178532>
28. **Nugroho, H. Y. S. H.**, Basuki, T. M., Pratiwi, Savitri, E., Supangat, A. B., Putra, P. B., . . . Hasani, M. (2025). Advancing air quality monitoring systems towards sustainable green development: Insight for metropolitan cities in Indonesia. *Environmental and Sustainability Indicators*, 26, 100649. doi:<https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100649>

Jurnal Nasional

29. **Nugroho, H.Y.S.H., & Tjakrawarsa, G.** (2001). Dampak Pertambangan Emas Tanpa Ijin di Areal PT. INHUTANI , Sulawesi Utara. *Jurnal Teknologi Pengelolaan DAS*, 5, 23-47.
30. **Nugroho, H.Y.S.H., & Tira, L.A.** (2001). Kajian Erosi dan Aliran Permukaan pada Jalan Hutan di Lokasi PT. INHUTANI, Maros dan Tana Toraja. *Jurnal Teknologi Pengelolaan DAS*, 7, 12-27.
31. **Nugroho, H.Y.S.H.**, 2001. An Application of AGNPS (Agricultural Non-Point Sources Pollution Model) for Evaluating the Impact of Watershed Management. *Indonesia Forestry Research Journal*, 2(1), 35-49.
32. **Setiawan, O., & Nugroho, H.Y.S.H.** (2002). Strategi Pengelolaan Lahan Kritis dalam upaya konservasi Danau Limboto. *Jurnal Air Lahan dan Mitigasi Bencana, Alami*, 7(1), (Pemanfaatan Lahan Marginal) 27 – 33.
33. **Nugroho, H.Y.S.H.** (2002). Teknik Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah di Lembah Palu. *Jurnal Air Lahan dan Mitigasi Bencana, Alami*, 7(1) (Pemanfaatan Lahan Marginal), 34 - 37
34. **Nugroho, H.Y.S.H.** (2003). Teknik Konservasi Tanah dan Air dalam Pengendalian Banjir dan Kekeringan. *Jurnal Air Lahan dan Mitigasi Bencana, Alami*, 7(2), (Bencana Banjir dan Permasalahannya), 19-25
35. **Nugroho, H.Y.S.H., & Amas, K.** (2003). Kebijakan dan Implementasi Pengelolaan DAS di Kawasan Timur Indonesia. *Jurnal Air Lahan dan Mitigasi Bencana, Alami*, 8(1), 13-19
36. **Tjakrawarsa, G., & Nugroho, H.Y.S.H.** (2003). Nilai Ekonomi Erosi, Sedimentasi dan Jasa Air di Sub DAS Jeneberang Hulu, Sulawesi Selatan. *Jurnal Air Lahan dan Mitigasi Bencana, Alami*, 8 (1), (Pengelolaan Daerah Aliran Sungai), 32-39

37. **Nugroho, H.Y.S.H.** (2003). Easing The Burden on The Land with Gamal Hedgerows (APANews- Asia Pacific Agroforestry Newsletter). No. 21 p. 8
38. **Nugroho, H.Y.S.H., & Ekowati, E.** (2003). Aplikasi AGNPS dalam Perencanaan Pengelolaan DAS Jeneberang Hulu. *Buletin Penelitian Hutan*.
39. Setiawan, O and **Nugroho, H.Y.S.H.** (2003). Pendekatan Model AGNPS dalam Tata Ruang, di Sub DAS Tapabuoti di Gorontalo. *Buletin Penelitian Hutan*.
40. Ekowati, E., & **Nugroho, H.Y.S.H.** (2003). Karakteristik Sub DAS Jeneberang Hulu. *Buletin Penelitian Hutan*.
41. **Nugroho, H.Y.S.H.** (2005). Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat dan Melestarikan Fungsi Hutan dengan Mikrohidro Elektrik. *Majalah Kehutanan Indonesia*.
42. Setiawan, O., & **Nugroho, H.Y.S.H.** (2006). Kualitas Debit Aliran Sub DAS Wuno dan Miu, DAS Palu, *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*.
43. **Nugroho, H.Y.S.H.**, 2015. Water discharge analysis of Micro Watershed and its potential use. *Jurnal Penelitian Kehutanan. WALLACEA*, 4(1), 23-34. <https://doi.org/10.18330/jwallacea.2015.vol4iss1pp23-34>
44. Sallata, M.K., **Nugroho, H.Y.S.H.**, & Waka, A.K. (2015). Pemanfaatan Pembangkit Listrik Mikrohidro untuk Membangun Desa Mandiri Energi. *Jurnal Penelitian Kehutanan. WALLACEA*, 4 (1), 71-80. <https://doi.org/10.18330/jwallacea.2015.vol4iss1pp71-80>
45. Sallata, M.K., & **Nugroho, H.Y.S.H.** (2022). Pengelolaan Sumber Daya Air Partisipatif di Wilayah Hulu Daerah Aliran Sungai Bialo, Sulawesi Selatan. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 6 (1), 57-76. <https://doi.org/10.20886/jppdas.2022.6.1.57-76>

Prosiding Internasional

46. **Nugroho, H.Y.S.H.** (2011). Microhydro: Green Energy from Forest Area Enhancing Better Relationship Between Forest and People, in International Conference of Indonesia Forestry Researchers. In Parthama, I.B.P, Mas'ud, A.F., Mindawati, N., Pari, G., Krisnawati, H., Krisdianto, Subiakto, A., Maryani, R., Setyawati, T., Leksono, B., Turjaman, M., Yofy, E.Y., Sundawati, L., & Nurrochmat, D (Eds.). *Proceeding INAFOR 2011 : Strengthening Forest Science and Technology for Better Forestry Development* (786-791). Forestry Research and Development Agency, Ministry of Forestry.
47. **Nugroho, H. Y. S. H.** (2014). Predicting Future Deforestation using Area Production Model and GIS. In Lee, S.S., Mas'ud, F., Siregar, C.A., Pratiwi, Mindawati, N., Pari, G., Turjaman, M., Krisdianto, Krisnawati, H., Siregar, I.Z., Laba, W., Mardiatuti, A., & Wahyudi, I (Eds.). *Proceedings of The 2nd INAFOR : Celebrating a 100-year Forestry Research in Indonesia Forestry Research for Sustainable Forest Management and Community Welfare* (537-556). Forestry Research and Development Agency, Ministry of Forestry.
48. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Asier, L.O., & Saparuddin. (2016). $6+10+20=23+32+45$ =Collective Participation The Cascade Microhydro Power System in Bulukumba. In Siregar, C.A., Pratiwi, Mindawati, N., Pari, G., Turjaman, M., Tata, H.L., Krisnawati, H., Setyawati, T., Krisdianto, Sakuntaladewi, N., Muttaqiem, Z., & Balfas, J. (Eds.). *Proceedings of International Conference of Indonesia Forestry Researcher III – 2015 : Forestry research to support sustainable timber production and self-sufficiency in food, energy, and water*. Research, Development and Innovation Agency, Ministry of Environment and Forestry.

49. **Nugroho, H.Y.S.H.** (2016). The Use of Silt-Pits for Erosion and Sediment Control in Sloping Agricultural Land. In Siregar, C.A., Pratiwi, Mindawati, N., Pari, G., Turjaman, M., Tata, H.L., Krisnawati, H., Setyawati, T., Krisdianto, Sakuntaladewi, N., Muttaqiem, Z., & Balfas, J. (Eds.). *Proceedings of International Conference of Indonesia Forestry Researcher III – 2015 : Forestry research to support sustainable timber production and self-sufficiency in food, energy, and water*. Research, Development and Innovation Agency, Ministry of Environment and Forestry.
50. **Nugroho, H.Y.S.H.** (2018). Composted Trees Litter : A Potential Organic Fertilizer from Urban Forest. In Rimbawanto, A., Krisdianto, Turjaman, M., Tata, H.L., Krisnawati, H., Setyawati, T., Sakuntaladewi, N., & Muttaqiem, Z. (Eds.). *Proceedings of IUFRO-INAFOR Joint International Conference 2017 “Promoting Sustainable Resources from Plantation for Economic Growth and Community Benefits”*. Research Development and Innovation Agency, Ministry of Environment and Forestry.
51. **Nugroho, H. Y. S. H.**, Saad, M., Isnan, W., & Suryaman, A. (2020). Performance assessment of KOMBI, energy-saving biomass stove: a gender friendly technology for rural and semi urban communities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 415, 012010. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/415/1/012010>
52. **Nugroho, H. Y. S. H.**, Sallata, M. K., Isnan, W., Saad, M., & Hermawan, A. (2021). Effectiveness of soil and water conservation structures in increasing community perception and controlling erosion and sedimentation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 874(1), 012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/874/1/012012>
53. Najib, N. N., **Nugroho, H. Y. S. H.**, Isnan, W., & Saad, M. (2023).

Effect of size and additives on the decomposition process and nutrient content of urban organic waste compost. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1180(1), 012043. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1180/1/012043>

54. Isnan, W.; **Nugroho, H.Y.S.H.**; Saad, M. (2021). Willingness to pay estimation of microhydro power plant user for hydrological ecosystem services in North Buton Wildlife Reserve Area. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 917, 012034, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/917/1/012034>
55. **Nugroho, H. Y. S. H.**, Savitri, E., Wahyuningrum, N., Sudiana, N., Indrajaya, Y., & Christanto, N. (2022). Citizen science: Realizing a participatory rain data management for flood disasters early warning systems and building disaster awareness from a very young age. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1109(1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1109/1/012015>
56. Auliyani, D., Setiawan, O., **Nugroho, H. Y. S. H.**, Wahyuningrum, N., Hardjo, K. S., Videllisa, G. A., . . . Ardiyanti, N. (2024). Micro Hydro Power Site Characterization in Indonesia: Variable Optimization for Site Selection Using GeoDetector and RFE-Random Forest. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1357(1), 012025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1357/1/012025>
57. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Indrajaya, Y., Christanto, N., Sudiana, N., Setiawan, O., Hanindityasari, L., . . . Syah Della, R. (2025). Exploring the complex relationship of flood influences in Upper Serayu River Basin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1438(1), 012076. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1438/1/012076>

Prosiding Nasional

58. Setiawan, O., & **Nugroho, H.Y.S.H.** (2004). Pendekatan Model Perencanaan dan Evaluasi Daerah Tangkapan Air dalam Konservasi Fungsi Danau. *Prosiding Seminar: Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Danau untuk Kesejahteraan Masyarakat*, (16-41). Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Kehutanan.
59. Junaidi, E., & **Nugroho, H.Y.S.H.** (2004). Teknik Konservasi Tanah pada Usaha Tani Dataran Tinggi *Prosiding Seminar: Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Danau untuk Kesejahteraan Masyarakat*. Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Kehutanan.
60. **Nugroho, H.Y.S.H.**, & Tjkrawarsa, G. (2005). Listrik Mikrohidro: Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat dan Melestarikan Hutan dengan Hasil Air. *Prosiding Seminar: Litbang untuk Pembangunan di Indonesia Timur*, (2-11). Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Kehutanan.
61. **Nugroho, H.Y.S.H.** (2005). Pendekatan Modeling dalam Perencanaan dan Evaluasi GERHAN. *Prosiding Seminar: Litbang untuk Pembangunan di Indonesia Timur*, (34-56). Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Kehutanan.
62. **Nugroho, H.Y.S.H.**, & Iwanuddin. (2006). Kelembagaan dan Nilai Air DAS: Mulai dari yang kecil, dari diri sendiri dan Saat ini (Pengalaman dari Sub DAS Mararin Sub, DAS Saddang, Tana Toraja). *Prosiding Seminar: Peran Serta Para Pihak dalam Pengelolaan Jasa Lingkungan di DAS Citatih-Cimandiri*, (101-121). Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Kehutanan.
63. **Nugroho, H.Y.S.H.**, & Salatta, M.K. (2012). Partisipasi pada Hulu DAS : Mengelola Sumber Daya Lahan dan Air dengan Dialog. Catatan Pengalaman Penelitian di Sulawesi Tahun 2001-2011. *Seminar proceeding: Riset Pengelolaan*

DAS Menuju Kebutuhan Terkini. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.

64. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Gunarso, P., & Manjela, E. (2012). Tekanan Terhadap Hutan dalam Tataran Perundangan dan Implementasi. *Prosiding Seminar “ Hasil Hasil Litbang mendukung Kelestarian dan Kemanfaatan”*. Balai Penelitian Kehutanan Makassar.
65. **Nugroho, H.Y.S.H.** (2012). Rancangan Pemanfaatan Air pada DAS Mikro, Studi Kasus di DAS Saddang, Tana Toraja, dan DAS Mamasa di Mamasa. *Prosiding Seminar “Hasil Hasil Litbang mendukung Kelestarian dan Kemanfaatan”*. Balai Penelitian Kehutanan Makassar.
66. **Nugroho, H.Y.S.H.** & Sallata, M.K. (2012). Lestari Hutanku Terang Desaku Mikrohidro Elektrik : Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Kecil. *Prosiding Gelar Teknologi Hasil Penelitian “Peran Iptek Kehutanan dalam Upaya Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat”*. Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam.
67. **Nugroho, H.Y.S.H.** (2015). Cascade Microhydro System, Optimalisasi Hasil Air untuk Kesejahteraan Masyarakat. *Seminar Nasional Restorasi DAS : Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim*. Balai Litbang Teknologi Pengelolaan DAS Surakarta.
68. **Nugroho, H.Y.S.H.** (2015). Dampak Perubahan Penggunaan Dan Penutupan Lahan Terhadap Kualitas Hasil Air: Studi Kasus di DAS Mikro Datara, Gowa, Sulawesi Selatan. *Seminar Nasional Sewindu Balai Penelitian Teknologi Hasil Hutan Bukan Kayu*. Balai Penelitian Teknologi Hasil Hutan Bukan Kayu.
69. **Nugroho, H. Y. S. H.** (2015). Pemanfaatan Jasa Lingkungan Daerah Tangkapan Air PLTMH: Optimalisasi Pemanfaatan Hasil Air dari Hutan untuk Masyarakat Hulu DAS. *Seminar Hasil-Hasil Penelitian*. Balai Penelitian Kehutanan Aek Nauli, Medan.

KEKAYAAN INTELEKTUAL

Paten Nasional

Terdaftar

70. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Savitri, E., Wahyuningrum, N., Indrajaya, Y., Setiawan, O., Sudiana, N., Christanto, N., Hasani, M., Widagdo, M.L.A., Rafsanjani, R., Afriza, W., & Divaldy, D.Z. (2022). *Alat Takar Hujan*. Terdaftar paten nomor : S002002215525. Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual (DJKI)
71. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Setiawan, O., Adi, R.N., Putra, P.B., Hasani, M., & Yodatama, D.R. (2024). *Perangkat Pemantauan Kualitas Udara Bergerak Berbasis Iot*. Terdaftar paten nomor : P00202415236. Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual (DJKI)

Hak Cipta

72. **Nugroho, H.Y.S.H. & Sallata, M.K.** (2015). *Buku Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)*. (Nomor pencatatan 000142484). Tanggal pencatatan 30 Juni 2015. DJKI.
73. Sartohadi, J., Affandi, M.F., Patanduk, A., Islami, J.D., Annisa, H.N., Purwaningsih, R., **Nugroho, H.Y.S.H.**, & Setiawan, O. (2024). *Desain Sistem Irigasi Presisi Untuk Optimalisasi Distribusi Air Di Lahan Kering Berlereng Terjal*. (Nomor Sertifikat Hak Cipta EC002024232395). Tanggal pencatatan 22 November 2024. DJKI.
74. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Dewi, I.N., & Sallata, M.K. (2025). *Buku Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Konservasi Tanah & Air*. (Nomor Sertifikat Hak Cipta EC002025036435). Tanggal pencatatan 1 April 2025. DJKI.
75. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Wahyuningrum, N., Basuki, T.M., Supangat, A.B., Auliyani, D., Indrajaya, Y., Lisnawati, Y., & Samawandana,

G. (2025) *Poster Ketahanan Berkelanjutan untuk Pengelolaan DAS Terpadu di Era Perubahan Iklim: Pembelajaran dari Indonesia*. (Nomor Sertifikat Hak Cipta EC002025198030,). Tanggal pencatatan 1 Desember 2025. DJKI.

76. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Pratiwi, Purwanto, Nandini, R., Adi, R.N., Savitri, E., Putera, P.B., Indrawati, D.R., Nada, F.M.H., & Nugroho, A.W. (2025). *Poster Membangun Komunitas Adaptif dan Tangguh terhadap Perubahan Iklim melalui Strategi Pengelolaan DAS Mikro untuk Mendukung Pencapaian SDGs*. (Nomor sertifikat hak cipta EC002025184015). Tanggal pencatatan 18 November 2025. DJKI.
77. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Sartohadi, J., Uyun, S., Wahyuningrum, N., Setiawan, O., Supangat, A.B., Auliyani, D., Basuki, T.M., Hardjo, K.S., Unggara, I., Maulana, M., Rhosadi, I., & Ghozali, A. (2025). *Program Komputer Metode Ingesti Data GeoJSON Efisiensi Tinggi Menggunakan Mekanisme Stream Parsing dan Hybrid Caching*. (Nomor sertifikat hak cipta EC002025203381). Tanggal pencatatan 5 Desember 2025. DJKI.
78. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Sartohadi, J., Uyun, S., Wahyuningrum, N., Setiawan, O., Supangat, A.B., Auliyani, D., Basuki, T.M., Hardjo, K.S., Unggara, I., Maulana, M., Rhosadi, I., & Ghozali, A. (2025). *Kompilasi Ciptaan Parameter Kunci Determinasi Teknik Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Dan Air*. (Nomor sertifikat hak cipta EC002025205673). Tanggal pencatatan 8 Desember 2025 DJKI.
79. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Sartohadi, J., Uyun, S., Wahyuningrum, N., Setiawan, O., Supangat, A.B., Auliyani, D., Basuki, T.M., Hardjo, K.S., Unggara, I., Maulana, M., Rhosadi, I., & Ghozali, A. (2025). *Program Komputer Sistem Retrieval Peta Digital Berkinerja Tinggi dengan MekanismeCache-First dan Validasi Geometri Otomatis*. (Nomor sertifikat hak cipta EC002025205672,). Tanggal pencatatan 8 Desember 2025 DJKI.

80. **Nugroho, H.Y.S.H.**, Sartohadi, J., Uyun, S., Wahyuningrum, N., Setiawan, O., Supangat, A.B., Auliyani, D., Basuki, T.M., Hardjo, K.S., Unggara, I., Maulana, M., Rhosadi, I., & Ghozali, A. (2025). Struktur Basis Data Relasional Geospasial untuk Sistem Informasi Rekomendasi Tanaman dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai(DAS). (Nomor sertifikat hak cipta EC002025205670). Tanggal pencatatan 8 Desember 2025 DJKI.

DAFTAR PUBLIKASI LAINNYA

1. **Nugroho, H. Y. S. H.** (2021, April) Mikrohidro partisipatif di Sulawesi – *Majalah Forest Digest edisi April – Juni 2021*. <https://www.forestdigest.com/detail/1096/cara-membangun-pembangkit-mikrohidro>
2. **Nugroho, H. Y. S. H.** (2023, 4 April). Kembali ke ‘Hulu’: Mitigasi Komprehensif Bencana Banjir - *Majalah AgroIndonesia edisi 4 April 2023*
<https://agroindonesia.co.id/kembali-ke-hulu-mitigasi-komprehensif-bencana-banjir/>
3. **Nugroho, H. Y. S. H.** (2023, 4 Mei). Insentif Mikrohidro dalam Pembayaran Jasa Ekosistem – *Majalah Forest Digest edisi 4 Mei 2023*.
<https://www.forestdigest.com/detail/2232/jasa-ekosistem-mikrohidro>
4. **Nugroho, H. Y. S. H.** (1992). *Jenis-Jenis Burung Pemakan Serangga di Tegakan Sengon (Paraserianthes falcataria) PTP XI Cigudeg dan Sekitarnya* [Skripsi, Institut Pertanian Bogor]. Bogor.
5. **Nugroho, H. Y. S. H.** (2000). *Evaluasi Dampak Pengelolaan Lahan Terhadap Kualitas Aliran Sungai dan Pendapatan Petani DAS Gobeh, Wonogiri, Jawa Tengah* [Thesis, Institut Pertanian Bogor]. Bogor.
6. **Nugroho, H. Y. S. H.** (2019). *Engaging with Adat People in Sustainable Forest Management* [Dissertation, The University of Twente,]. Enschede, Netherland. <https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/144405048/nugroho.pdf>

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. DATA PRIBADI

| | |
|-----------------------|--|
| Nama | : Dr. Ir. Hunggul Yudono Setio Hadi Nugroho, M.Si. |
| Tempat, Tanggal lahir | : Yogyakarta, 7 Nopember 1967 |
| Anak ke | : 9 dari 10 bersaudara |
| Jenis Kelamin | : Laki-Laki |
| Nama Ayah Kandung | : KRT. S. Asmoro Yudohardjoso |
| Nama Ibu Kandung | : Supadmi Kumolo |
| Nama Istri | : Ir. Yori Tammu |
| Jumlah Anak | : 3 |
| Nama Anak | : dr. Marvel Khyas Pungkasaning Yudo Aura Khyas Yudowati, S.Ds. Femme Khyas Yudhani |
| Nama Unit | : Pusat Riset Ekologi |
| Nama Organisasi | : Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan |
| Nama Instansi | : Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) |
| Judul Orasi | Transformasi Daerah Aliran Sungai Menuju Lanskap Regeneratif Melalui Implementasi Sistem Sosio-Teknis berbasis Daya Dukung Daya Tampung |
| Ilmu | : Lingkungan |
| Bidang Kepakaran | : Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Geoinformatika |

| | | |
|-------------------------------|---|--|
| No. SK Pangkat Terakhir | : | Keputusan Presiden Indonesia No 1/K 2025, Tanggal 9 Januari 2025 |
| No. SK Peneliti Ahli Utama | : | Keputusan Presiden Indonesia No.21/M 2023 Tanggal 15 Mei 2023 |
| Tautan Scopus | : | https://www.scopus.com/authid/detail. uri?authorId=57194607752 |
| Tautan Google Scholar | : | https://scholar.google.co.id/ citations?user=OiJDJVgAAAAJ&hl=id |

B. PENDIDIKAN FORMAL

| No. | Jenjang | Nama Sekolah/ PT/ Universitas | Tempat/Kota/ Negara | Tahun Lulus |
|-----|---------|---|------------------------|----------------|
| 1. | SD | SD Kotagede V | Yogyakarta | 1979 |
| 2. | SMP | SMPN 9 | Yogyakarta | 1982 |
| 3. | SMA | SMPP N 10 | Yogyakarta | 1985 |
| 5. | S1 | Fakultas Kehutanan/ Institut Pertanian Bogor | Bogor | 1992 |
| 6. | S2 | Pengelolaan DAS/ Pascasarjana/ IPB | Bogor | 2001 |
| 7. | S3 | Department of Natural Resource, Faculty of Geoinformation Science and Earth Management, University of Twente | Belanda | 2019 |

C. PENDIDIKAN NONFORMAL

| No. | Nama Pelatihan/Pendidikan | Tempat/Kota/ Negara | Tahun |
|-----|---|--------------------------|-------|
| 1 | Intensive Course of English language | Bogor, Indonesia | 1995 |
| 2 | Kursus Manajemen Proyek | Ujung Pandang, Indonesia | 1997 |
| 3 | Information Systems Management Training | Bogor, Indonesia | 2000 |
| 4 | Workshop, Field Study, and Seminar of Social Forestry | Bogor, Indonesia | 2003 |
| 5 | Training of Participatory Rural Appraisal | Bogor, Indonesia | 2003 |
| 6 | Workshop Persiapan Kerjasama Internasional | Bogor, Indonesia | 2005 |
| 7 | International Scientific Publications Workshop | Bogor, Indonesia | 2006 |
| 8. | Scientific Proposal Development for PhD program | Bogor, Indonesia | 2007 |

D. JABATAN STRUKTURAL

| No. | Jabatan/Pekerjaan | Nama Instansi | Tahun |
|-----|-------------------|---------------|-------|
| 1. | - | - | - |
| 2. | - | - | - |
| 3. | - | - | - |
| 4. | - | - | - |

E. JABATAN FUNGSIONAL

| No. | Jenjang Jabatan | TMT Jabatan |
|-----|-----------------------------|-------------|
| 1. | Teknisi Litkayasa Pelaksana | 01-03-1993 |
| 2. | Asisten Peneliti Muda | 01-03-1998 |
| 3. | Asisten Peneliti Madya | 01-11-2001 |
| 4. | Ajun Peneliti Muda | 03-10-2003 |
| 5. | Ajun Peneliti Madya | 01-11-2005 |
| 6. | Peneliti Muda | 31-12-2005 |
| 7. | Peneliti Madya | 01-01-2007 |
| 8. | Peneliti Ahli Madya | 19-07-2016 |
| 9. | Peneliti Ahli Utama | 15-05-2023 |

F. PENUGASAN KHUSUS NASIONAL/INTERNASIONAL

| No. | Jabatan/Pekerjaan | Pemberi Tugas | Tahun |
|-----|--|-------------------------|-------|
| 1. | International workshop: Research and Development Policy and Management for Indonesian Officials, KOICA-KOITA, Seoul, South Korea, 3-16 November 2002 | Badan Litbang Kehutanan | 2002 |

| | | | |
|----|--|--|------|
| 2. | <p>International workshop: Participatory Action Research (PAR) for Community Based Natural Resources Management (CBNRM), RECOFTC, Bangkok, Thailand, 6 – 21 September 2004 Funded by Ford Foundation in cooperation with Directorate General of Land Rehabilitation and Social Forestry, Forestry Department.</p> | <p>Dirjen RLPS, Kementerian Kehutanan</p> | 2004 |
| 3. | <p>International Thematic Workshop on Payments for Ecosystem Services: <i>“How PES Serve Livelihood of Forest Community in the Southeast Asia Region?”</i> AFoCo. 13- 17 October, 2014. Da Lat City, Lam Dong Province, Viet Nam.</p> | <p>Badan Litbang Kehutanan</p> | 2014 |
| 4. | <p>Ketua Tim/ Survey penentuan titik lokasi PLTMH di sekitar Hutan Lindung Sungai Lesan, Kab. Berau, Kalimantan Timur, tanggal 31 Agustus s/d 6 September 2015</p> | <p>Yayasan OWT (Operasi Wallacea Terpadu)</p> | 2015 |

| | | | |
|----|--|---|------|
| 5. | Nara sumber pada Pelatihan untuk masyarakat dan pemerintah desa dalam rangka mendukung pengelolaan daerah tangkapan air berbasis masyarakat Kecamatan Merancar, Kab. Tapanuli Selatan, diselenggarakan oleh yayasan OWT (Operasi Wallacea Terpadu) dan Conservation International Indonesia, tanggal 16-19 Nopember 2015 | Yayasan OWT (Operasi Wallacea Terpadu) | 2015 |
| 6. | Tim Pelaksana Penyusunan Roadmap Inventarisasi Daya dukung dan daya tampung (DDDT) Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup (SDA & LH) Ekoregion Kalimantan tahun 2015-2019 | Pusat Pengendalian Pembangunan Ekoregion Kalimantan | 2016 |
| 7. | Studi kelayakan pemeliharaan PLTMH di Kec. Sabang, Luwu Utara tahun 2016 kegiatan Yayasan Operasi Wallacea Terpadu, tanggal 15 - 23 Oktober 2016 | Yayasan OWT (Operasi Wallacea Terpadu) | 2016 |
| 8. | Survey pendahuluan penyusunan FS, DED, dan RAB pemanfaatan energy air di SM Tanjung Peropa dan SM Buton Utara, tanggal 12 s/d 17 April 2017 | Balai KSDA Sultra | 2017 |
| 9. | Pendampingan HKM dalam perencanaan pemasangan PLTMH kerjasama ITTO dan Badan Litbang dan Inovasi (BLI), tanggal 3 - 7 April 2017 di Sanggau, Kalbar | Puslitbang Sosial Ekonomi, Kebijakan, dan Perubahan Iklim | 2017 |

| | | | |
|-----|---|---|------|
| 10. | Pendampingan kelompok HKM dalam pembangunan PLTMH di desa Sei Dangin, Kec. Noyan, Kab. Sanggau, tanggal 9 s/d 13 Juni 2017 di Sanggau, Kalbar | Puslitbang Sosial Ekonomi, Kebijakan, dan Perubahan Iklim | 2017 |
| 11. | Survey lokasi detail dalam rangka pembuatan FS dan DED PLTMH di BTN Manusela, Propinsi Maluku, tanggal 5 - 8 Oktober 2018 | Balai Taman Nasional Manusela | 2018 |
| 12. | Tenaga ahli dalam Pengarahan lokasi dan mekanisme kerja pembangunan PLTMH di Sanggau, Kalimantan Barat, tanggal 15-18 Pebruari 2018 | Puslitbang Sosial Ekonomi, Kebijakan, dan Perubahan Iklim | 2018 |
| 13. | Studi kelayakan dan Detail Engineering Design PLTMH di kawasan TN Matalawa, Propinsi Nusa Tenggara Timur, tanggal 10 - 25 Juli 2018 | Balai Taman Nasional Matalawa, NTT | 2018 |
| 14. | Nara sumber pada Pembahasan Draft ke-3 pedoman pelaksanaan pemanfaatan air dan energi air non komersial di Kawasan Suaka Margasatwa, Taman Nasional, Taman Hutan Raya, dan Taman Wisata Alam, tanggal 30 Juli 2018 di Bogor | Direktorat Pemanfaatan Jasa Lingkungan Kawasan Konservasi | 2018 |

| | | | |
|-----|--|---|------|
| 15. | Studi kelayakan dan Detail Engineering Design PLTMH di kawasan TN Nani Bogani Warta Bone, Propinsi Sulawesi Utara, tanggal 28 Agustus - 2 September 2018 | Taman Nasional Nani Bogani Wartabone, Sulawesi Utara | 2018 |
| 16. | Tenaga ahli Penyusunan NSPK pemanfaatan jasa lingkungan air "Pedoman Pemanfaatan Air dan Energi Air Non Komersial di TN, Tahura, dan TWA" sesuai SK Direktur PJLHK No. SK.122/PJLHK/PJLA/KSA.3/4/2018 | Direktorat Pemanfaatan Jasa Lingkungan Kawasan Konservasi | 2018 |
| 17. | Supervisi Pembangunan PLTMH di SM Buton Utara dan SM Tanjung Peropa kegiatan Balai Konservasi Sumber Daya Alam Sulawesi Tenggara, tanggal 6 - 9 Nopember 2018 | Balai KSDA Sultra | 2018 |
| 18. | Nara sumber persiapan kegiatan pemberdayaan masyarakat melalui Productive Use of energy Mikrohidro, tanggal 23-27 Pebruari 2018 | BKSDA Sultra | 2018 |
| 19. | Nara sumber pada Pembahasan draft pedoman pelaksanaan pemanfaatan air dan energi air non komersial di Suaka Margasatwa, Taman Nasional, Taman Hutan Raya dan Taman Wisata Alam, tanggal 10 April 2018 di Jakarta | Direktorat Pemanfaatan Jasa Lingkungan Kawasan Konservasi | 2018 |

| | | | |
|-----|---|---|------|
| 20. | Nara sumber pada Pembahasan dokumen FS dan DED pengembangan Mikrohidro TN Matalawa, tanggal 21 Agustus 2018 di Bogor | Balai Taman Nasional Matalawa | 2018 |
| 21. | Pelaksanaan Pra Pembangunan Mikrohidro di Desa Penyangga TN Bukit Baka Bukit Raya (TN BBR) di Sintang, Kalimantan Barat, tanggal 15 - 20 Agustus 2018 | Balai Taman Nasional Bukit Baka Bukit Raya | 2018 |
| 22. | Supervisi Pembangunan PLTMH di SM Buton Utara dan SM Tanjung Peropa kegiatan Balai Konservasi Sumber Daya Alam Sulawesi Tenggara, tanggal 6 - 9 Nopember 2018 | BKSDA Sultra | 2018 |
| 23. | Penyusunan Studi kelayakan, Engineering Design dan Rancangan Anggaran Biaya PLTMH di Negeri Manusela dan Maraihina, BTN Manusela, tahun 2018 | Balai Taman Nasional Manusela | 2018 |
| 24. | Pengajar pada Inhouse Training Demplot Mikrohidro di Kawasan Konservasi, tanggal 7 - 10 Mei 2018 di Pelabuhan Ratu, Sukabumi | Direktorat Pemanfaatan Jasa Lingkungan Kawasan Konservasi | 2018 |

| | | | |
|-----|---|--|------|
| 25. | Penyusunan dokumen studi kelayakan dan rancangan teknis detail pembangunan PLTMH di TN. Manupehu Tanah Daru-Laiwangi Wanggameti (Matalawa) di Kabupaten Sumba Timur, NTT (2018) | Balai Tamana Nasional Matalawa, NTT | 2018 |
| 26. | Tim penyusunan Studi kelayakan, Engineering Design dan Rancangan Anggaran Biaya pembangunan PLTMH di Desa Sukamakmur, Kec. Bulango Ulu, Kab. Bone Bolango, Propinsi Gorontalo, 2018 | Balai Taman Nasional Nani Bogani Wartabone | 2018 |
| 27. | Nara sumber kegiatan persiapan kegiatan pemberdayaan masyarakat melalui <i>Productive Use of Energy</i> Mikrohidro desa Wowonga, Kec. Kulisusu Utara, Buton Utara, tanggal 13-17 September 2018 | BKSDA Sultra | 2018 |
| 28. | Nara sumber PLTMH pada kegiatan penguatan kelompok masyarakat desa Sumber Sari Kec. Moramo, Konawe Selatan, tanggal 20-22 September 2018 | Balai Konservasi Sumber Daya Alam, Sulawesi Tenggara | 2018 |
| 29. | Studi kelayakan Optimalisasi PLTMH di Desa Tanjung Lokang, Kec. Putusibau Selatan, Kab. Kapuas Hulu, Kalimantan Barat | Perkumpulan Berdikari | 2019 |

| | | | |
|-----|---|---|------|
| 30. | Penyusunan Detail Engineering Design (DED) PLTMH di Kawasan TN. Akatajawe Lolobata, Maluku Utara | Balai Taman Nasional Akatajawe Lolobata, Maluku Utara | 2019 |
| 31. | Tenaga Ahli Tindak Lanjut Hasil Audit Pemeriksaan Pemanfaatan Energi Air dari Kawasan Konservasi untuk Pemanfaatan <i>Microhydro Power Plant</i> | Balai Taman Nasional Bukit Baka Bukit Raya | 2019 |
| 32. | Tenaga ahli/pakar penyusunan dan pembahasan dokumen pemanfaatan air di Taman Wisata Alam (TWA) Nanggala III Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam (BBKSDA) Sulawesi Selatan | Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam, Sulawesi Selatan | 2020 |
| 33. | Tim perencana, pemasangan, dan pengoperasian PLTMH di Taman Nasional Akatajawe Lolobata, Maluku Utara | Balai Taman Nasional Akatajawe Lolobata, Maluku Utara | 2020 |

| | | | |
|-----|---|----------------------------------|------|
| 34. | <p>The APEC Workshop on Achieving Sustainability and Resilience in Water Management of APEC Developing Economies Using Open Environmental Data. The National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC), National Science and Technology Development Agency of Thailand, tanggal 24 - 25 February 2025, di Bangkok, Thailand</p> | Badan Riset dan Inovasi nasional | 2025 |
|-----|---|----------------------------------|------|

G. KEIKUTSERTAAN DALAM KEGIATAN ILMIAH

| No. | Nama Kegiatan | Peran/Tugas | Penyelenggara (Kota, Negara) | Tahun |
|-----|---|--|---|-------|
| 1. | International Conference of Indonesia Forestry Researchers | Presenter : “Microhydro: Green Energy from Forest Area Enhancing Better Relationship Between Forest and People” | Badan Litbang dan Inovasi, KLHK, Bogor, Indonesia | 2011 |
| 2. | The 2 nd INAFOR 2013, International Conference of Indonesia Forestry Researchers | Presenter : “Predicting Future Deforestation using Area Production Model and GIS” | Badan Litbang Kehutanan, Jakarta, Indonesia | 2013 |

| | | | | |
|----|---|--|--|------|
| 3. | The 3 rd INAFOR 2015, International Conference of Indonesia Forestry | Presenter: "Performance assessment of KOMBI, energy-saving biomass stove: a gender friendly technology for rural and semi urban communities" | Badan Litbang dan Inovasi, KLHK, Bogor, Indonesia | 2015 |
| 4. | The 3 rd INAFOR 2015, International Conference of Indonesia Forestry Researchers | Presenter "The Use of Silt-Pits for Erosion and Sediment Control in Sloping Agricultural Land" | Badan Litbang dan Inovasi, KLHK, Bogor, Indonesia | 2015 |
| 5. | The Inafor – Iufro Joint International Conference 2017 "Promoting Sustainable Resources from Plantation for Economic Growth and Community Benefits" | Presenter "Composted Trees Litter : A Potential Organic Fertilizer from Urban Forest" | Badan Litbang dan Inovasi, KLHK, Yogyakarta, Indonesia | 2017 |

| | | | | |
|----|--|--|---|------|
| 3. | INAFOR EXPO 2019 - International Conference on Forest Products (ICFP) 2019: Adopting the Renewable Bioenergy and Waste Utilization to Support Circular Economy and Sustainable Environment | Presenter: "Performance assessment of KOMBI, energy-saving biomass stove: a gender friendly technology for rural and semi urban communities" | Pusat Litbang Hasil Hutan, Badan Litbang dan Inovasi nasional, Bogor, Indo: Predicting Future Deforestation using Area Production Model and GIS nesia | 2019 |
| 4. | The 6 th INAFOR 2021 : Enhancing Resilience Capacity of Disasters and Climate Change (stream 3) | Paper Contributor: "Willingness to pay estimation of microhydro power plant user for hydrological ecosystem services in North Buton Wildlife Reserve Area" | Badan Litbang dan Inovasi, KLHK, Bogor, Indonesia | 2021 |
| 5. | UN4DRR International Symposium on Disaster Risk Reduction, Mitigation and Environmental Sciences (The 2022 – UN4DRR Symposium). | Presenter : "Effectiveness of soil and water conservation structures in increasing community perception and controlling erosion and sedimentation" | IPB University, Bogor, Indonesia | 2022 |

| | | | | |
|----|---|---|--|------|
| 6. | International Symposium On Disaster Risk Reduction, Mitigation and Environmental Sciences | Presenter :” Citizen science: Realizing a participatory rain data management for flood disasters early warning systems and building disaster awareness from a very young age” | Universitas Sebelas Maret, Solo, Indonesia | 2022 |
|----|---|---|--|------|

H. KETERLIBATAN DALAM PENGELOLAAN JURNAL ILMIAH

| No. | Nama Jurnal | Penerbit | Peran/Tugas | Tahun |
|-----|---|---------------------------------------|---------------|----------------|
| 1. | Jurnal Kehutanan Papuaasia (Papuasias Journal of Forestry) | Fakultas Kehutanan, Universitas Papua | Mitra bestari | 2022 –sekarang |
| 2. | Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea | Balai Penelitian Kehutanan Makassar | Dewan Redaksi | 2021–2022 |
| 3. | Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (JPPDAS) | BTPDAS Surakarta | Dewan Redaksi | 2021–2023 |
| 4. | Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (JPPDAS) | APTKLHI | Reviewer | 2024–sekarang |

| No. | Nama Jurnal | Penerbit | Peran/Tugas | Tahun |
|-----|-----------------|----------|-------------|-------------------|
| 5. | Land Use Policy | Elsevier | Reviewer | 2021– sekarang |

I. CAPAIAN DALAM BIDANG IPTEK, RISET, DAN INOVASI

1. Karya Tulis Ilmiah

| No. | Kualifikasi Penulis | Jumlah |
|-----|-------------------------|--------|
| 1. | Penulis Tunggal | 19 |
| 2. | Bersama Penulis Lainnya | 50 |
| | Total | 69 |

| No. | Kualifikasi Bahasa | Jumlah |
|-----|--------------------|--------|
| 1. | Bahasa Indonesia | 35 |
| 2. | Bahasa Inggris | 34 |
| 3 | Bahasa Lainnya | - |
| | Total | 69 |

2. Kekayaan Intelektual

| No. | Kualifikasi Karya | Jumlah |
|-----|---|--------|
| 1. | Paten Internasional | - |
| 2. | Paten Nasional | - |
| | Terdaftar | 2 |
| | Tersertifikasi | - |
| 3. | Perlindungan Varietas Tanaman (PVT) | - |
| 4. | Rumpun atau Galur Hewan/Ikan/Benih Unggul Tanaman Hutan | - |

| | | |
|----|---------------------------------------|----|
| 5. | Hak Cipta | 9 |
| 6. | Disain Industri | - |
| 7. | Desain dan Tata Letak Sirkuit Terpadu | |
| | Total | 11 |

3. Kerjasama Bersama Mitra

| No. | Kualifikasi Karya | Jumlah |
|-----|-------------------|--------|
| 1. | Transaksi Lisensi | - |
| 2. | | |
| | Total | - |

J. PEMBINAAN KADER ILMIAH

1. Pejabat fungsional peneliti

| No. | Nama | Instansi | Peran/Tugas | Tahun |
|-----|---|--|---|-------|
| 1. | Wahyudi Isnan, S.Hut., M.Hut. | Pusat Riset Ekologi dan Etnobiologi, BRIN | Pembimbing penulisan artikel ilmiah | 2021 |
| 2. | Yonky Indrajaya, S. Hut., M.T., M.Sc. | Pusat Riset Ekologi dan Etnobiologi, BRIN | Pembimbing penulisan artikel ilmiah | 2022 |

2. Mahasiswa

| No. | Nama | Instansi | Peran/Tugas | Tahun |
|-----|---------------------------|---|-----------------------|-------|
| 1. | Desteriana | S1 Universitas Hasanuddin, Makassar | Pembimbing Skripsi | 2002 |
| 2. | Alfrida | S1 Universitas Hasanuddin, Makassar | Pembimbing Skripsi | 2002 |
| 3. | Yasinta Denty Pasinggi | S1 Universitas Hasanuddin, Makassar | Pembimbing Skripsi | 2002 |
| 4. | Sofyan | S1 Universitas Hasanuddin, Makassar | Pembimbing Skripsi | 2003 |
| 5. | Fersian Mangiri | S1 Universitas Hasanuddin, Makassar | Pembimbing Skripsi | 2007 |
| 6 | Muhammad Syarief | S1 Universitas Hasanuddin, Makassar | Pembimbing Skripsi | 2008 |
| 7 | Panji Anom Nuariman | S1 Universitas Hasanuddin, Makassar | Pembimbing Skripsi | 2008 |
| 8 | Syahidan | S1 Universitas Hasanuddin, Makassar | Pembimbing Skripsi | 2008 |
| 9 | Wahyudi Isnani | S3 Universitas Hasanuddin, Makassar | Co Promotor | 2024 |

K. ORGANISASI PROFESI ILMIAH

| No. | Jabatan | Nama Organisasi | Tahun |
|-----|---------|---|---------------|
| 1. | Anggota | Himpunan Peneliti Indonesia | 2019–2021 |
| 2. | Anggota | Perhimpunan Periset Indonesia | 2022–sekarang |
| 3. | Anggota | Asosiasi Peneliti dan Teknisi Kehutanan Indonesia | 2023–sekarang |

L. TANDA PENGHARGAAN

| No. | Nama Penghargaan | Pemberi Penghargaan | Tahun |
|-----|--|---------------------------------|-------|
| 1. | Satyalancana Karya Satya X tahun | Pemerintah Republik Indonesia | 2004 |
| 2. | 102 Inovasi terbaik Indonesia 2010 | Kementerian Riset dan Teknologi | 2010 |
| 3. | Peneliti Berprestasi | Kementerian Kehutanan | 2011 |
| 4. | 104 Inovasi Terbaik Indonesia 2012 | Kementerian Riset dan Teknologi | 2012 |
| 5. | Satyalancana Karya Satya XX tahun | Pemerintah Republik Indonesia | 2015 |
| 6. | 5 Besar ASN Inspiratif Tingkat Nasional tahun 2018 | Kementarian PAN RB | 2018 |

| | | | |
|----|--|--|------|
| 7. | Innovatiom Award 2019 “Lifetime Achievement” | Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan | 2019 |
| 8. | Satyalancana Karya Satya XXX tahun | Pemerintah Republik Indonesia | 2023 |

Naskah orasi ini menyoroti urgensi transformasi pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) dari pendekatan sektoral ke pengelolaan berbasis lanskap, dari model pengelolaan konservatif dan reaktif, menjadi regeneratif dan adaptif. Berlandaskan pengalaman penelitian lebih dari tigapuluh tahun, orasi ini menegaskan bahwa pengelolaan DAS harus mengintegrasikan ilmu pengetahuan, dan kearifan lokal dalam satu sistem sosio-teknis yang memadukan daya dukung dan daya tampung ekosistem. Beragam inovasi seperti teknik konservasi tanah dan air tepat guna, pengembangan PLTMH partisipatif, pemanfaatan instrumentasi pemantauan real-time berbasis IoT, serta pendekatan sains warga diulas sebagai bukti keberhasilan kolaborasi teknologi dan masyarakat dalam mendorong partisipasi, meningkatkan kesejahteraan, serta menjaga keberlanjutan ekologis. Dengan menekankan pentingnya partisipasi lokal, insentif ekonomi, dan kebijakan berbasis riset, naskah ini menawarkan kerangka kebijakan dan aksi nyata untuk mewujudkan DAS yang sehat dan produktif, dan berkeadilan secara berkelanjutan lintas generasi.

BRIN Publishing
The Legacy of Knowledge

Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN, anggota Ikapi
Gedung B.J. Habibie Lt. 8,
Jln. M.H. Thamrin No. 8,
Kota Jakarta Pusat 10340
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: penerbit.brin.go.id

DOI: 10.55981/brin.2837



ISSN 3090-8485

