

Metodologi Statistik

MELAMPAUI BATAS

Kegagalan Daya Dukung dan Daya Tampung
Lingkungan Hidup (D3TLH) Mengendalikan
Ekspansi Industri Ekstraktif di Sulawesi



Muhamad Saleh
Fiorentina Refani
Viky Arthiando
Henry Ardian Irianta

MELAMPAUI BATAS

Kegagalan Daya Dukung dan Daya Tampung
Lingkungan Hidup (D3TLH) Mengendalikan
Ekspansi Industri Ekstraktif di Sulawesi

**Penulis**

Muhamad Saleh
Fiorentina Refani
Viky Arthiando
Henry Ardian Irianta

Editor

Atina Rizqiana

Publikasi

Agustus 2026

Ilustrasi Sampul

Grafotakor

Penata Desain

Mazdan Maftukha Assyayuti

Penerbit

CELIOS (Center of Economic and Law Studies)
Jakarta, Indonesia

Alamat Surat Elektronik

admin@celios.co.id

Situs Web

www.celios.co.id

Hak Cipta

© 2026 CELIOS

CELIOS memegang hak cipta publikasi ini, termasuk teks, analisis, logo, dan desain tata letak. Permintaan untuk memperbanyak sebagian atau seluruh isi publikasi dikirimkan ke admin@celios.co.id.

Ucapan Terima Kasih

Riset ini lahir dari kerja bersama dari data, pengetahuan, dan pengalaman mereka yang menyaksikan langsung perubahan ruang hidup di Sulawesi.

Kami berterima kasih kepada para peneliti, organisasi masyarakat sipil, komunitas lokal, penyedia data, dan masyarakat yang telah berbagi informasi, perspektif, serta pengalaman dalam mendokumentasikan ekspansi industri ekstraktif dan dampaknya terhadap lingkungan dan kehidupan masyarakat.

Terima kasih kepada seluruh tim yang telah mengumpulkan, mengolah, dan menguji data hingga penelitian ini dapat diselesaikan.

Kepada mereka yang terus menjaga ruang hidup dan bersuara ketika batas ekologis dilampaui, riset ini kami dedikasikan.

Perlindungan Hukum dan Mekanisme Keberatan

Publikasi ini merupakan karya ilmiah yang disusun berdasarkan prinsip kebebasan akademik, objektivitas, dan kaidah penelitian yang berlaku serta memperoleh perlindungan hukum berdasarkan Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2019 tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Setiap keberatan atas isi penelitian, termasuk terkait penyebutan nama, data, atau kesimpulan analisis, wajib terlebih dahulu ditempuh melalui mekanisme akademik, berupa permintaan klarifikasi, hak jawab, koreksi data, atau penyampaian kontra-analisis akademik yang didukung bukti.

Laporan ini disusun dalam kerangka kemitraan penelitian dan kebijakan bersama Kaoem Telapak dan Environmental Investigation Agency (Inggris), di bawah program Forest Governance, Markets and Climate (FGMC) yang didanai oleh UK International Development.

 Dokumentasi CELIOS, 2026

EKSPANSI INDUSTRI DAN KRISIS RUANG

1.1 Perizinan sebagai Mekanisme Alokasi Ruang

Sepanjang 2014–2024, rata-rata 224 hektare ruang daratan Sulawesi dialokasikan untuk pemegang izin tambang setiap hari. Analisis ini memvalidasi laju alih ruang harian, rasio dominasi penguasaan ruang pertambangan secara relatif, serta mengukur lonjakan drastis penerbitan perizinan baru antara tahun 2022 hingga 2024.

Matriks kalkulasinya sebagai berikut:

Laju Alih Ruang Harian = Total Luas Izin Baru (Ha) ÷ Hari Observasi (10 Tahun)

= 819.452 Hektar ÷ 3.652 Hari = 224,38 Hektar per Hari ≈ 224 Hektar per Hari

Penguasaan Ruang Relatif = Total Konsesi Tambang & Industri ÷ Luas Daratan DKI Jakarta

= 1.185.174 Hektar ÷ 66.150 Hektar = 17,92 ≈ 18 Kali Luas DKI Jakarta

Persentase Lonjakan Izin (2022 ke 2024) = ((IUP 2024 - IUP 2022) ÷ IUP 2022) × 100%

= ((194 - 56) ÷ 56) × 100% = +246,43% ≈ 246%

Tahun	Sulteng	Sultra	Sulsel	Sulbar	Sulut	Gorontalo	Total Izin Baru Se-Sulawesi
2014	6	18	1	—	1	—	26
2015	3	1	—	—	1	—	5
2016	5	4	—	—	—	—	9
2017	7	13	5	—	1	—	26
2018	7	10	5	—	—	1	23

Tahun	Sulteng	Sultra	Sulsel	Sulbar	Sulut	Gorontalo	Total Izin Baru Se-Sulawesi
2019	2	10	3	—	2	—	17
2020	12	13	—	—	3	—	28
2021	17	13	8	2	—	1	41
2022	31	11	10	3	—	1	56
2023	83	38	19	6	2	1	149
2024	87	29	54	16	5	3	194
Total	260	160	105	27	15	7	574 IUP

Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (MODI Minerbaone, diolah CELIOS, 2026).

1.2

Konsentrasi Fasilitas Pengolahan dan Pembentukan Lokus Industri

Sekitar 78% fasilitas pengolahan dan pemurnian nikel terkonsentrasi di Sulawesi Tengah dan Sulawesi Tenggara. Matriks ini membuktikan konsentrasi spasial smelter dan kontribusi sektor ekstraktif terhadap PDRB yang menciptakan lokus kawasan industri terpusat di beberapa kabupaten utama.

Matriks kalkulasinya sebagai berikut:

Rasio Konsentrasi Smelter Sentra = Smelter (Sulteng + Sultra) ÷ Total Smelter Se-Sulawesi
= (398 + 254) Unit ÷ 778 Unit
= 652 Unit ÷ 778 Unit
= 83,80% (Pipeline Industri) ~ 78% (Fasilitas Operasional Utama)

Wilayah Sentra / Non-Sentra	Smelter (Unit)	Porsi Smelter	PDRB Ekstraktif (TRp)	Total PDRB (TRp)	Porsi Ekstraktif	Basis Lokus Industri
Morowali (Sulteng)	245	31,5%	157,17	347,72	45,2%	Enklave Hilirisasi IMIP & PLTU
Morowali Utara (Sulteng)	98	12,6%	19,22	60,47	31,8%	Sentra Smelter Nikel PT GNI
Konawe (Sultra)	162	20,8%	38,45	74,12	51,9%	Kawasan Mega VDNI & OSS
Kolaka (Sultra)	64	8,2%	18,12	42,30	42,8%	Kawasan Hilirisasi Pomalaa ANTAM
Luwu Timur (Sulsel)	85	10,9%	45,20	68,90	65,6%	Kontrak Karya Tambang Vale
Wilayah Lainnya (Kumulatif)	124	16,0%	32,14	935,19	3,4%	Wilayah Agraris Non-Sentra
Total Se-Sulawesi	778	100,0%	310,30	1.528,70	20,3%	Pemusatan 84% di Sulteng & Sultra

Sumber: BPS SIMDASI, Database Smelter CGS, ESDM MODI, dan IUCN Red List (diolah CELIOS, 2026).

1.3 Dominasi PLTU Captive

Pemenuhan kebutuhan kelistrikan sentra industri nikel disuplai oleh PLTU captive dengan kapasitas terpasang mencapai 9.825 MW, di mana 93,9% terkonsentrasi di Sulawesi Tengah dan Sulawesi Tenggara. Matriks ini menguji porsi kapasitas terpasang kelistrikan off-grid industri dan ketiadaan pasokan daya ke jaringan publik PLN.

Matriks kalkulasinya sebagai berikut:

Porsi Konsentrasi Kapasitas Sentra = Kapasitas (Sulteng + Sultra) ÷ Total Kapasitas PLTU Captive

= (7.325 MW + 1.900 MW) ÷ 9.825 MW = 9.225 MW ÷ 9.825 MW = 93,89% ≈ 93,9%

Kapasitas Wilayah Lain (Sulsel) = Total Kapasitas - Kapasitas Sentra

= 9.825 MW - 9.225 MW = 600 MW

Rasio Pasokan Jaringan Publik PLN = Daya Disalurkan ke Jaringan Transmisi Publik ÷ Total Daya Dibangkitkan

= 0 Megawatt ÷ 9.825 Megawatt = 0,00%

Tahun Beroperasi	Sulawesi Tengah (MW)	Sulawesi Tenggara (MW)	Sulawesi Selatan (MW)	Total Tahunan (MW)	Akumulasi Se-Sulawesi (MW)
2013	—	—	70	70	70
2015	130	—	—	130	200
2016	150	60	—	210	410
2017	700	—	—	700	1.110
2018	—	—	310	310	1.420
2019	700	—	220	920	2.340
2020	400	405	—	805	3.145
2021	485	1.055	—	1.540	4.685
2022	1.285	380	—	1.665	6.350
2023	2.035	—	—	2.035	8.385
2024	1.440	—	—	1.440	9.825
Total Akumulatif	7.325 MW	1.900 MW	600 MW	—	9.825 MW

Sumber: Global Energy Monitor (Global Coal Plant Tracker, Jan 2026) & Kementerian ESDM (diolah CELIOS, 2026).

Lonjakan Deforestasi oleh Pertambangan

Data pemantauan satelit Global Forest Watch menunjukkan bahwa sektor pertambangan dan perkebunan mendominasi hilangnya tutupan pohon di Sulawesi. Matriks ini memvalidasi porsi dominasi sektoral dalam deforestasi 10 tahun terakhir dan mengukur rasio kelipatan kerusakannya jika dibandingkan dengan aktivitas pertanian berpindah.

Matriks kalkulasinya sebagai berikut:

Pangsa Deforestasi Tambang & Sawit = Kehilangan Hutan (Tambang + Sawit) ÷ Total Deforestasi 10 Tahun

= 1.001.654 Hektar ÷ 1.217.935 Hektar = 82,24% ≈ 82,2%

Rasio Kerusakan Ekologis = Luas Hutan Dibabat Industri ÷ Luas Pertanian Berpindah

= 1.001.654 Hektar ÷ 55.905 Hektar = 17,917 ≈ 18 Kali Lebih Besar

Kategori Penggerak Deforestasi (Driver)	Luas Kehilangan Hutan (Hektar)	Pangsa Deforestasi (%)	Rasio thd Perladangan	Estimasi Emisi Karbon Biomassa
Pertambangan dan Sawit	1.001.654	82,2%	17,9x (≈ 18x)	664.472.885 Mg CO ₂
Kehutanan Komersial	134.637	11,1%	2,4x	87.138.022 Mg CO ₂
Pertanian Berpindah (Masyarakat)	55.905	4,6%	1,0x (Basis)	38.215.565 Mg CO ₂
Tidak Teridentifikasi	25.738	2,1%	0,5x	14.225.278 Mg CO ₂
Total Kehilangan Hutan (2014–2023)	1.217.935	100,0%	—	804.051.751 Mg CO₂

Sumber: Global Forest Watch (GFW API / Hansen UMD, 2014–2023, diolah CELIOS, 2026).

Rantai pasok hilirisasi nikel Sulawesi sangat berorientasi pada ekspor komoditas curah. Inventarisasi ini memetakan fasilitas pelabuhan laut terintegrasi di enam simpul kawasan industri utama beserta status operasinya, kapasitas angkut dermaga (deadweight tonnage), dan tujuan utama pengiriman logistik ekstraktif menuju pasar Asia Timur.

Data Inventarisasi Simpul Pelabuhan & Terminal Ekspor Nikel

- **Konektivitas 100% Jalur Laut:** Seluruh 6 simpul kawasan industri utama (IMIP, GNI, VDNI, OSS, Pomalaa, Sorowako) dilengkapi dermaga laut / terminal khusus curah mandiri di pesisir.
- **Dukungan Regulasi Status PSN:** 3 mega-kawasan swasta berstatus Proyek Strategis Nasional (Perpres No. 109/2020: IMIP, VDNI, OSS), bersanding dengan Kawasan BUMN (Pomalaa) dan Kontrak Karya (Sorowako).
- **Daya Sandar Kapal Samudera:** Dirancang melayani kapal curah berbobot mati raksasa hingga 50.000–52.378 DWT di Morowali dan Konawe guna menekan biaya logistik ekspor.
- **Polarisasi Pasar Ekspor Asia Timur:** Produksi 4 mega-kawasan swasta dialirkan ke pasar Tiongkok, sementara BUMN dan mitra historis (Pomalaa & Sorowako) menyuplai Jepang, Korea Selatan, dan Skandinavia.

Sumber: Kementerian Perhubungan, KNKT, Perpres No. 109/2020, dan Laporan Tahunan Emiten (diolah CELIOS, 2026).

📷 | Dokumentasi CELIOS, 2026

PENURUNAN KUALITAS LINGKUNGAN DAN TEKANAN EKOLOGIS

2.1 Dampak Limbah Tailing: Konsentrasi Smelter vs Indeks Kualitas Air (IKA)

Konsentrasi smelter nikel di Sulawesi Tengah dan Sulawesi Tenggara berimplikasi pada meningkatnya timbunan limbah B3, terutama slag, tailing, dan residu proses hidrometalurgi yang mencemari badan air di sekitarnya. Melalui komparasi tiga layer peta choropleth (skor IKA, timbunan limbah B3, dan kasus pencemaran sungai), analisis spasial ini membuktikan bahwa kawasan sentra menghadapi tekanan ekologis tertinggi sekaligus mengungkap keterbatasan IKA resmi yang bertumpu pada indikator organik (BOD/COD) sehingga tidak merefleksikan pencemaran logam berat karsinogenik heksavalen kromium (Cr^{6+}).

Matriks kalkulasinya sebagai berikut:

1. Skala Pewarnaan Choropleth 1 — Indeks Kualitas Air (Skor IKA BPS):
Skor IKA Sulteng = 62,1 Poin (Rentang Skala Peta: 50 s.d. 100 Poin)
Margin terhadap Ambang Kritis PermenLHK 27/2021 ($\text{IKA} < 50$) = Skor IKA Sulteng – Batas Kritis Legal 50 Poin
= 62,1 Poin – 50,0 Poin = 12,1 Poin (Gradasi Coklat / Mutu Air Tertekan Mendekati Batas Kritis)
2. Skala Pewarnaan Choropleth 2 — Estimasi Timbunan Limbah B3 (Ton/Tahun):
Timbunan Limbah B3 Sulteng = 12.000.000 Ton/Tahun (Rentang Skala Peta: 0 s.d. 15.000.000 Ton)
Pagu Daya Dukung Ekologis = 25.000.000 Ton/Tahun (Batas Daya Dukung Tailing Teluk Tolo)

Beban Timbunan Sulteng = 12.000.000 Ton/Tahun (Gradasi Coklat Pekat Mendekati Puncak Skala Peta 15 Jt Ton)

3. Skala Pewarnaan Choropleth 3 — Kasus Pencemaran Sungai & Pesisir (Laporan NGO):
 Kasus Pencemaran Sungai Sulteng = 4 Kasus (Rentang Skala Peta: 0 s.d. 5 Kasus)
 Baku Mutu Logam Berat PP 22/2021 Kelas II = $\text{Cr}^{6+} > 0,05 \text{ mg/L}$ (Baku Mutu Logam Karsinogenik Akut)
= 4 Kasus Sungai & Pesisir Tercemar (Sungai Bahodopi, Laroenai, Morowali, Fatufia / Coklat Pekat)

Provinsi	Skor IKA BPS	Limbah B3 (Ton/Thn)	Sungai Tercemar	Daftar Sungai & Pesisir Tercemar (Laporan NGO)
Sulawesi Tengah	62,1	12.000.000	4 Kasus	Sungai Bahodopi, Sungai Laroenai, Sungai Morowali, Pesisir Fatufia
Sulawesi Tenggara	65,3	7.700.000	3 Kasus	Sungai Lasolo, Sungai Lalindu, Sungai Konawehea
Sulawesi Selatan	58,5	1.000.000	1 Kasus	Pesisir dan Sungai Bantaeng
Sulawesi Barat	55,9	—	—	—
Sulawesi Utara	58,2	—	—	—
Gorontalo	58,1	—	—	—
Total Se-Sulawesi	—	20.700.000	8 Kasus	8 Titik Muara Sungai & Pesisir Kritis ($\text{Cr}^{6+} > 0,05 \text{ mg/L}$)

Sumber: BPS SLHI, Ditjen PPKL KLHK (PermenLHK 27/2021 & PP 22/2021), Laporan WALHI, AEER, JATAM, dan BPLH (diolah CELIOS, 2026).

2.2 Kepungan Asap: Kapasitas PLTU vs Indeks Kualitas Udara (IKU)

Untuk menguji validitas Indeks Kualitas Udara (IKU) resmi, penginderaan jauh menggunakan satelit NASA/ESA TROPOMI diterapkan guna memonitor konsentrasi nitrogen dioksida (NO_2). Tujuannya membongkar apakah kapasitas PLTU captive yang bertumpuk sejalan dengan jejak emisi polutan riil di wilayah sentra industri nikel Sulawesi.

Panduan Sederhana Pers: Cara Kerja & Akuisisi Satelit NASA TROPOMI (Sentinel-5P)

- **Sensor & Polutan Kunci:** Satelit Copernicus Sentinel-5P (kolaborasi ESA & NASA TROPOMI) memindai kepadatan gas Nitrogen Dioksida (NO_2) di troposfer bumi setiap hari sebagai indikator langsung emisi cerobong batu bara PLTU.
- **Metode Akuisisi Cloud (GEE):** Data mentah harian ditarik otomatis via superkomputer Google Earth Engine (GEE) pada koordinat batas Pulau Sulawesi, disaring dari tutupan awan (cloud masking $qa \geq 0.5$), lalu dihitung konsentrasi rata-rata tahunannya (satuan mol/m^2).

- **Membongkar Paradoks IKU Resmi:** Stasiun darat IKU pemerintah terpusat di kawasan non-industri/pegunungan sehingga nilainya tampak "Sangat Baik" (86,67 -> 92,81 poin) akibat efek pengenceran spasial. Satelit TROPOMI memotret fakta independen: konsentrasi gas NO₂ di atas sentra PLTU nikel (Bahodopi) mencapai 88,1 µmol/m² (melampaui tolok ukur polusi berat industri), mengangkat rata-rata empiris pulau mendekati batas atasnya.

Tabel 2.2a

Rekapitulasi Status Pembangkit Batubara Pulau Sulawesi (GEM Tracker)

Status GEM	Penjelasan Status & Fasilitas Utama	Kapasitas (MW)	Porsi (%)
Operating (Aktif) (operating)	PLTU beroperasi komersial (Delong I-IV, Labota, Mining, IHIP, Qingdao, Wanxiang, Pomalaa, Tonasa)	9.825 MW	80,2%
Pipeline (Ekspansi) (construction, announced, permitted, pre-permit)	Tahap konstruksi fisik (Delong IV 330 MW) dan rencana ekspansi diumumkan (PT IHIP 100 MW)	430 MW	3,5%
Mangkrak / Batal / Mati (shelved, cancelled, mothballed, retired)	Ekspansi proyek ditangguhkan (Delong III 1.350 MW) dan dibatalkan (Qingdao, Delong II 640 MW)	1.990 MW	16,3%
GRAND TOTAL	Keseluruhan riwayat rencana proyek PLTU batubara di database Global Energy Monitor	12.245 MW	100,0%

Tabel 2.2b

Tren Komparasi IKU Resmi BPS/KLHK vs Sensor Satelit NASA TROPOMI (2015–2024)

Tahun	PLTU Aktif (GEM)	IKU Resmi (BPS/KLHK)	Satelit NASA NO ₂ (mol/m ²)	Keterangan Status Sistem & Dinamika Spasial
2015	1.840 MW	86,67	Satelit Belum Aktif	Sentinel-5P belum diluncurkan oleh ESA
2016	2.140 MW	82,33	Satelit Belum Aktif	Sentinel-5P belum diluncurkan oleh ESA
2017	2.440 MW	87,21	Satelit Belum Aktif	Fase kalibrasi optik sensor pasca-peluncuran
2018	3.140 MW	86,62	0,0000056 ($5,6 \times 10^{-6}$)	Operasional publik dimulai Juli 2018 (Rona awal)
2019	4.340 MW	90,31	0,0000051 ($5,1 \times 10^{-6}$)	Observasi tahunan penuh perdana (Rona alami pulau)
2020	5.540 MW	90,98	0,0000052 ($5,2 \times 10^{-6}$)	Dinamika emisi stabil (Dampak pembatasan pandemi)
2021	6.840 MW	91,26	0,0000059 ($5,9 \times 10^{-6}$)	Peningkatan densitas seiring operasi unit PLTU baru

Tahun	PLTU Aktif (GEM)	IKU Resmi (BPS/KLHK)	Satelit NASA NO ₂ (mol/m ²)	Keterangan Status Sistem & Dinamika Spasial
2022	8.040 MW	92,17	0,0000062 ($6,2 \times 10^{-6}$)	Batas atas interval empiris pulau ($> 6,0 \mu\text{mol/m}^2$)
2023	9.325 MW	92,35	0,0000061 ($6,1 \times 10^{-6}$)	Bertahan di batas atas interval empiris pulau
2024	9.825 MW	92,81	0,0000058 ($5,8 \times 10^{-6}$)	Interval empiris pulau (Dinamika cuaca & tutupan awan)

Sumber: Global Energy Monitor (GEM Tracker 2026), BPS SLHI, Ditjen PPKL KLHK, dan NASA/ESA Sentinel-5P TROPOMI via Google Earth Engine (diolah CELIOS, 2026). Catatan Transparansi: Angka pulau merupakan agregasi makro terencerkan. Baku mutu hukum tanah mengacu pada PP No. 22 Tahun 2021 Lampiran VII ($65 \mu\text{g/m}^3$).

Disparitas kontras antara angka rata-rata tahunan pulau di dasbor ($0.0000061 \text{ mol/m}^2$) dan pembacaan sensor satelit di titik cerobong Morowali ($0.0000881 \text{ mol/m}^2$) membuktikan bekerjanya fenomena Modifiable Areal Unit Problem (MAUP) dan jebakan pengenceran area (Area Dilution Trap) dalam 3 tingkat hierarki spasial:

Matriks kalkulasinya sebagai berikut:

1. Tingkat 1 (Tapak Episentrum Cerobong Morowali - Resolusi Asli $5,5 \times 3,5 \text{ km}$):
Konsentrasi NO₂ = $88,14 \mu\text{mol/m}^2$ ($0.0000881 \text{ mol/m}^2$) tanpa pengenceran spasial.
= Melampaui ambang batas Polusi Berat Kawasan Industri Tiongkok ($66,0 \mu\text{mol/m}^2$) sebesar 133,5%.
2. Tingkat 2 (Agregasi Administrasi Provinsi Sulteng - Luas 61.841 km^2):
Rata-rata NO₂ Sulteng = $6,80 \mu\text{mol/m}^2$ (Diencerkan 13x lipat oleh rimba pegunungan Lore Lindu & Cagar Alam).
Lonjakan Beban = Naik +52,8% dibanding baseline rona awal 2019 ($4,45 \mu\text{mol/m}^2$).
3. Tingkat 3 (Agregasi Makro Bioregion Pulau di Dasbor - Luas 184.007 km^2):
Rata-rata NO₂ Pulau = $6,12 \mu\text{mol/m}^2$ ($0.0000061 \text{ mol/m}^2$) diencerkan luas pulau utuh termasuk Gorontalo ($3,18\text{--}4,26 \mu\text{mol/m}^2$).

Tabel 2.2c

Matriks Runtun Waktu Konsentrasi NO₂ Antar-Provinsi se-Sulawesi (2018–2024)

Wilayah / Entitas Administrasi	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Lonjakan (19→23)	Karakteristik Beban Emisi Spasial
PULAU SULAWESI (Dasbor)	0.0000056	0.0000051	0.0000052	0.0000059	0.0000062	0.0000061	0.0000058	+20,5%	Rerata Makro Bioregion (Terencerkan Spasial)
Sulawesi Tenggara (Sultra)	0.0000064	0.0000059	0.0000057	0.0000067	0.0000073	0.0000074	0.0000066	+26,2%	Klaster Smelter Konawe (VDNI/OSS) & Kolaka
Sulawesi Selatan (Sulsel)	0.0000067	0.0000062	0.0000056	0.0000062	0.0000066	0.0000072	0.0000064	+16,2%	Koridor Semen, PLTU Jeneponto & Bantaeng

Wilayah / Entitas Administrasi	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Lonjakan (19→23)	Karakteristik Beban Emisi Spasial
Sulawesi Tengah (Sulteng)	0.0000050	0.0000045	0.0000050	0.0000055	0.0000062	0.0000068	0.0000065	+52,8%	Sentra PLTU Batubara Morowali (9.365 MW)
Sulawesi Barat (Sulbar)	0.0000062	0.0000052	0.0000054	0.0000058	0.0000064	0.0000065	0.0000060	+24,0%	Terdampak Dispersi Polutan Lintas Batas
Sulawesi Utara (Sulut)	0.0000047	0.0000040	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.0000049	0.0000041	+22,5%	Rona Alami Kepulauan (Minim Batubara)
Gorontalo	0.0000035	0.0000032	0.0000035	0.0000036	0.0000038	0.0000043	0.0000038	+34,4%	Udara Paling Bersih (Kontrol Alami Wallacea)

Sumber: Copernicus Sentinel-5P TROPOMI via Google Earth Engine (dataset gee_nasa_no2_sulawesi_provinsi.csv, diolah CELIOS, 2026).

Tabel 2.2d

Fakta Grid Spasial: Titik Kabupaten Sentra Industri vs Ibukota Provinsi (Tahun 2023)

Kabupaten / Lokus Industri	Provinsi	Koordinat	NO ₂ (mol/m ²)	NO ₂ (μmol/m ²)	vs Batas China	Karakteristik Lapangan & Sumber Emisi Utama
Kab. Morowali (Bahodopi - IMIP)	Sulteng	-2.82, 122.15	0.0000881	88,14 μmol/m ²	133,5%	Episentrum 9.365 MW PLTU captive batubara & furnace smelter IMIP.
Kab. Morowali (Kec. Bahodopi Grid)	Sulteng	-2.83, 122.13	0.0000843	84,33 μmol/m ²	127,8%	Pemukiman pekerja & jalan logistik tepat di lingkaran smelter Bahodopi.
Kab. Konawe (Morosi - VDNI/OSS)	Sultra	-3.91, 122.40	0.0000510	51,01 μmol/m ²	77,3%	Kawasan Megaprojek Smelter Nikel Morosi (PLTU captive 2.000+ MW).
Kota Makassar (Urban & PLTU Tello)	Sulsel	-5.17, 119.43	0.0000196	19,64 μmol/m ²	29,8%	Pusat kemacetan kendaraan & aktivitas pelabuhan/ pembangkit listrik.
Kota Kendari (Teluk Kendari)	Sultra	-4.00, 122.49	0.0000189	18,89 μmol/m ²	28,6%	Ibukota provinsi terpapar dispersi asap smelter dari Morosi (Konawe).
Kab. Kolaka (Pomalaa - Antam)	Sultra	-4.18, 121.68	0.0000182	18,17 μmol/m ²	27,5%	Sentra penambangan nikel & pabrik peleburan feronikel Pomalaa.
Kota Palu (Lembah Teluk Palu)	Sulteng	-0.94, 119.88	0.0000094	9,38 μmol/m ²	14,2%	Ibukota Sulteng berjarak ~300 km dari Morowali, terisolasi perbukitan.
Kab. Luwu Timur (Sorowako - Vale)	Sulsel	-2.56, 121.32	0.0000072	7,24 μmol/m ²	11,0%	Sentra nikel bertenaga PLTA hidrolik (Larona/Balambano), minim batubara.
Kota Manado (Ibukota Sulut)	Sulut	1.48, 124.91	0.0000067	6,70 μmol/m ²	10,2%	Wilayah non-tambang dengan tutupan vegetasi dan angin bahari bersih.
Kota Gorontalo (Ibukota Gorontalo)	Gorontalo	0.58, 123.02	0.0000063	6,29 μmol/m ²	9,5%	Kawasan minim industri manufaktur berat/bebas batubara.
Kab. Bantaeng (Kawasan KIBA)	Sulsel	-5.52, 119.97	0.0000062	6,18 μmol/m ²	9,4%	Smelter nikel Huadi & PLTU skala menengah.

Sumber: Ekstraksi raster Sentinel-5P TROPOMI resolusi 5,5 × 3,5 km (dataset tropomi_grid_sulawesi.csv, diolah CELIOS, 2026). Catatan: Morowali (88,14 μmol) 12x lebih pekat dari Luwu Timur (7,24 μmol), membuktikan pemicu polusi adalah PLTU batubara captive, bukan penggalan bijih nikelnya.

“ **Temuan Komparasi Kunci (Morowali vs Luwu Timur): Konsentrasi gas NO_2 di Morowali ($88,14 \mu\text{mol}/\text{m}^2$) adalah 12 kali lipat lebih pekat daripada Luwu Timur ($7,24 \mu\text{mol}/\text{m}^2$). Keduanya sentra nikel raksasa, membuktikan pemicu polusi udara adalah pilihan energi pembakaran batubara (PLTU captive), bukan penambangan bijih nikelnya.** ”

11

Batasan Masalah Yuridis: Data Satelit TROPOMI vs Baku Mutu Darat PP 22/2021

- **Perbedaan Dimensi Pengukuran:** Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) Nasional Indonesia mengacu pada PP No. 22 Tahun 2021 Lampiran VII dengan satuan konsentrasi volumetrik permukaan tanah ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 24-jam & $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tahunan). Satelit TROPOMI mengukur kerapatan kolom vertikal troposferik (satuan mol/m^2).
- **Kedudukan Ilmiah (Counter-Data Audit):** Data satelit TROPOMI bukan pengganti instrumen pidana lingkungan darat berakreditasi KAN, melainkan berfungsi sebagai bukti ilmiah penyeimbang (counter-data audit) untuk membongkar distorsi lokasi penempatan stasiun IKU pemerintah dan efek pengenceran spasial agregat provinsi.
- **Validasi Empiris Korelatif:** Studi masif 1.327 stasiun darat (Li et al., 2020) mengonfirmasi korelasi kuat ($r = 0,82-0,85$) antara densitas satelit dan sensor darat. Nilai ekstrem $88,14 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ di Morowali (133% standar polusi berat) membuktikan risiko pencemaran udara riil di zona pemukiman lingkaran smelter.

2.3 Ekspansi Kawasan Industri Mempercepat Laju Deforestasi

Luas tutupan konsesi IUP dan kawasan industri disandingkan dengan laju deforestasi selama periode 10 tahun (2014–2023) menggunakan data Global Forest Watch. Analisis ini ditujukan untuk memverifikasi rasio kontribusi sektoral dalam hilangnya lahan berhutan di wilayah ekspansi utama nikel.

Matriks kalkulasinya sebagai berikut:

1. Rasio Kerusakan Ekologis (Industri vs Perladangan):

$$\text{Rasio Kerusakan} = \text{Deforestasi Industri} \div \text{Pertanian Berpindah}$$

$$= 1.001.654 \text{ Ha} \div 55.905 \text{ Ha} = 17,91 \approx 18 \text{ Kali Lebih Besar}$$
2. Pangsa Konsesi Baru Sulawesi Tengah (Indikator Ukuran Gelembung):

$$\text{Pangsa Konsesi Baru} = \text{Konsesi Baru Sulteng} \div \text{Total Konsesi Baru Se-Sulawesi}$$

$$= 387.124 \text{ Ha} \div 819.452 \text{ Ha} = 47,24\% \approx 47,2\% \text{ (Penyumbang Konsesi Terbesar)}$$

3. Pangsa Deforestasi Sulawesi Tengah (Indikator Pewarnaan Choropleth):
 Pangsa Deforestasi = Deforestasi 10 Tahun Sulteng ÷ Total Deforestasi Se-Sulawesi
 = 481.908 Ha ÷ 1.386.055 Ha = 34,77% ≈ 34,8% (Tertinggi Se-Sulawesi)

Provinsi	Luas Konsesi IUP & Kawasan (Ha)	Konsesi Baru 2014–2023 (Ha)	Deforestasi 10 Tahun (Ha)	Pangsa Deforestasi (%)
Sulawesi Tengah	453.216	387.124	481.908	34,8%
Sulawesi Tenggara	446.025	212.717	337.434	24,3%
Sulawesi Selatan	181.469	123.065	261.147	18,8%
Sulawesi Barat	4.424	2.163	133.263	9,6%
Gorontalo	5.212	5.212	98.063	7,1%
Sulawesi Utara	94.829	89.170	74.240	5,4%
Total Se-Sulawesi	1.185.174	819.452	1.386.055	100,0%

Sumber: Global Forest Watch (GFW API / Hansen UMD, 2014–2023) dan Kementerian ESDM (diolah CELIOS, 2026).

2.4 Hilangnya Biodiversitas

Analisis benturan spasial dilakukan dengan melakukan overlay titik pengamatan (occurrences) 7 spesies endemik Wallacea (Data GBIF) terhadap sebaran wilayah konsesi IUP. Validasi keterancaman diklasifikasikan menggunakan parameter matriks IUCN Red List (fokus pada label mining threat).

Nama Ilmiah	Nama Populer Satwa	Status IUCN	Tren Populasi	Ancaman Tambang	Titik GBIF
Macaca nigra	Yaki / Monyet Hitam Sulawesi	Critically Endangered	Menurun	Ya	87 Titik
Macrocephalon maleo	Burung Maleo Senkawor	Critically Endangered	Menurun	Tidak	95 Titik
Bubalus depressicornis	Anoa Dataran Rendah	Endangered	Menurun	Ya	18 Titik
Bubalus quarlesi	Anoa Pegunungan	Endangered	Menurun	Ya	10 Titik
Babyrousa celebensis	Babirusa Sulawesi	Vulnerable	Menurun	Ya	33 Titik
Babyrousa babyrussa	Babirusa Maluku / Sulawesi	Vulnerable	Menurun	Tidak	14 Titik
Tarsius tarsier	Tarsius Spektral	Vulnerable	Menurun	Tidak	12 Titik
Total Satwa Kunci	7 Spesies Endemik Wallacea	2 CR · 2 EN · 3 VU	100% Menurun	4 Terancam (57,1%)	269 Titik

Data Inventarisasi Spasial & Keterancaman Biodiversitas Wallacea

- **Tingkat Keterancaman Kritis Global:** 100% dari 7 spesies endemik kunci berada dalam daftar merah kepunahan global (2 Kritis, 2 Genting, 3 Rentan) dengan tren populasi yang terus menyusut.
- **Pertambangan Sebagai Ancaman Eksplisit:** Sebanyak 4 dari 7 spesies (57,1%)—yakni Anoa Dataran Rendah, Anoa Pegunungan, Babirusa Sulawesi, dan Yaki—secara formal diidentifikasi IUCN menghadapi ancaman langsung dari penambangan nikel.
- **Pertampalan Spasial Habitat vs Konsesi:** Sebagian besar dari 269 titik perjumpaan satwa berhimpitan langsung dengan konsesi IUP dan koridor ekspansi hilirisasi di Sulawesi Tengah dan Tenggara.

Sumber: Global Biodiversity Information Facility (GBIF Occurrence API) dan IUCN Red List of Threatened Species (diolah CELIOS, 2026).

📷 | Dokumentasi CELIOS, 2026

BEBAN KESEHATAN YANG DITANGGUNG MASYARAKAT

3.1 Penurunan IKU dan Ledakan Penyakit ISPA/Pneumonia

Komparasi data panel kesehatan 2014–2024 membuktikan disparitas tajam beban morbiditas pernapasan antara sentra industri dan non-sentra di Sulawesi. Rata-rata kasus ISPA dan pneumonia di provinsi sentra (5.353 kasus/tahun) mencapai 2,0 kali lipat lebih tinggi dibanding non-sentra (2.634 kasus/tahun), berbanding lurus dengan rendahnya Indeks Kualitas Udara (IKU) akibat kepungan emisi cerobong PLTU captive batubara.

Matriks kalkulasinya sebagai berikut:

1. Rata-rata Beban Kasus ISPA/Pneumonia Tahunan (Data Panel 2014–2024):
Beban Rata-rata Sentra = $117.775 \text{ Kasus} \div 22 \text{ Observasi Panel} = 5.353,41 \approx 5.353 \text{ Kasus/Tahun}$
Beban Rata-rata Non-Sentra = $115.912 \text{ Kasus} \div 44 \text{ Observasi Panel} = 2.634,36 \approx 2.634 \text{ Kasus/Tahun}$
2. Rasio Disparitas Morbiditas Saluran Pernapasan (Sentra vs Non-Sentra):
Rasio Disparitas = $\text{Beban Rata-rata Sentra} \div \text{Beban Rata-rata Non-Sentra}$
 $= 5.353 \text{ Kasus} \div 2.634 \text{ Kasus} = 2,032 \approx 2,0 \text{ Kali Lipat (Beban ISPA Hampir 2x Lebih Tinggi)}$

Tabel 3.1

Beban Kasus ISPA/Pneumonia Tahunan & Insiden per 10.000 Penduduk per Provinsi (Data Panel 2014–2024)

Provinsi	Kategori Zona	Rata-rata Kasus/Thn	Populasi Proxy (BPS)	Insiden / 10k Jiwa	Rerata IKU (15–24)
Sulawesi Tengah	Sentra Industri	8.120	2.985.000	27 Kasus	89,84
Gorontalo	Non-Sentra Industri	2.779	1.171.000	24 Kasus	91,24
Sulawesi Tenggara	Sentra Industri	2.587	2.624.000	10 Kasus	88,43 (Terendah)
Sulawesi Barat	Non-Sentra Industri	1.182	1.419.000	8 Kasus	91,15
Sulawesi Selatan	Non-Sentra Industri	5.197	9.070.000	6 Kasus	90,82
Sulawesi Utara	Non-Sentra Industri	1.379	2.621.000	5 Kasus	91,62
Rata-rata Sentra Industri	Sentra (Sulteng & Sultra)	5.353 Kasus	5.609.000	18,5 Kasus	89,14
Rata-rata Non-Sentra	Non-Sentra (4 Provinsi)	2.634 Kasus	14.281.000	10,8 Kasus	91,21

Sumber: Dinas Kesehatan Provinsi se-Sulawesi (Profil Kesehatan 2014–2024), BPS, dan Ditjen PPKL KLHK (diolah CELIOS, 2026).

3.2 Pencemaran Air dan Lonjakan Prevalensi Diare

Analisis data panel enam provinsi (2016–2024) membedah korelasi Indeks Kualitas Air (IKA) terhadap prevalensi diare dan membongkar bias pengenceran spasial. Ketiadaan signifikansi pada skala makro provinsi membuktikan IKA gagal mendeteksi racun logam berat karsinogenik heksavalen kromium (Cr^{6+}) yang di muara sungai lingkaran smelter melampaui baku mutu hingga 200 kali lipat.

Matriks kalkulasinya sebagai berikut:

1. Insiden Rate (IR) Diare per 10.000 Penduduk (Data Panel Kumulatif 2014–2024):

$$\text{IR Sulawesi Tengah (Episentrum)} = (484.902 \text{ Kasus} \div 2.985.734 \text{ Jiwa}) \times 10.000 = 1.624,06 \text{ Kasus/10rb Jiwa}$$

$$\text{IR 5 Provinsi Kontrol} = (1.801.705 \text{ Kasus} \div 16.910.411 \text{ Jiwa}) \times 10.000 = 1.065,44 \text{ Kasus/10rb Jiwa}$$

2. Incidence Rate Ratio (IRR Morbiditas Diare Sulawesi Tengah vs Kontrol):

$$\text{Rasio IRR} = \text{IR Sulteng} \div \text{IR 5 Provinsi Kontrol} = 1.624,06 \div 1.065,44 = 1,524 \approx 1,5 \text{ Kali Lipat}$$

Tabel 3.2a

Komparasi Rata-rata IKA Resmi vs Prevalensi Diare per Provinsi
(Panel 2016–2024)

Provinsi	Kategori Zona	Rata-rata IKA	Rata-rata Diare / Tahun	Keterangan Bias Agregasi Spasial
Sulawesi Tengah	Sentra Industri	57,0	48.490 Kasus	IR 162/10k-thn; diencerkan hulu rimba Lore Lindu
Sulawesi Tenggara	Sentra Industri	56,3	32.951 Kasus	IR 126/10k-thn; muara Konaweha-Lasolo tercemar
Sulawesi Selatan	Non-Sentra Industri	56,9	98.722 Kasus	Beban demografi urban Kota Makassar (9 jt jiwa)
Gorontalo	Non-Sentra Industri	55,4	13.262 Kasus	Rona alami pegunungan Wallacea
Sulawesi Barat	Non-Sentra Industri	54,1	20.279 Kasus	DAS agraris dan sedimentasi sawit
Sulawesi Utara	Non-Sentra Industri	51,0	14.958 Kasus	Kontrol alami kepulauan
Rata-rata Sentra	Sentra (Sulteng & Sultra)	56,7 Poin	40.720 Kasus	IRR Sulteng 1,5x lipat kontrol (1.624 vs 1.065/10k)
Rata-rata Non-Sentra	Non-Sentra (4 Provinsi)	54,4 Poin	36.805 Kasus	Korelasi makro terdistorsi pengenceran DAS

Tabel 3.2b

Komparasi Rata-rata IKA Resmi vs Prevalensi Diare per Provinsi
(Panel 2016–2024)

Titik Sampling Pesisir / Muara	Lokus Industri	Kadar Cr6+	Baku Mutu*	Rasio	Status Hukum
Sungai Kecil dekat Laut (KIBA)	Kawasan Industri Bantaeng	1,000 mg/L	0,005 mg/L	200,0x	MELAMPAUI BAKU MUTU
Saluran Pembuangan Smelter Morosi	Smelter VDNI Konawe	0,100 mg/L	0,005 mg/L	20,0x	MELAMPAUI BAKU MUTU
Desa One Pute (Hulu Sungai)	Lingkar Smelter Morowali	0,100 mg/L	0,005 mg/L	20,0x	MELAMPAUI BAKU MUTU
Desa Dampala (Pesisir Bahodopi)	Lingkar Smelter Morowali	0,100 mg/L	0,005 mg/L	20,0x	MELAMPAUI BAKU MUTU
Muara Bahodopi (Titik 3 IMIP)	Kawasan IMIP Morowali	0,070 mg/L	0,005 mg/L	14,0x	MELAMPAUI BAKU MUTU

Titik Sampling Pesisir / Muara	Lokus Industri	Kadar Cr6+	Baku Mutu*	Rasio	Status Hukum
Pesisir Fatufia (Titik 2 IMIP)	Kawasan IMIP Morowali	0,028 mg/L	0,005 mg/L	5,6x	MELAMPAUI BAKU MUTU

Sumber: Ditjen PPKL KLHK, Profil Kesehatan Kemenkes RI, serta Uji Laboratorium Independen AEER (2022) & WALHI (2023–2024) (diolah CELIOS, 2026). *Catatan Baku Mutu: Ambang batas 0,005 mg/L mengacu pada PP No. 22 Tahun 2021 Lampiran VIII (Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut). Titik muara sungai dan pesisir lingkaran smelter dievaluasi terhadap daya dukung kehidupan biota perairan laut.

3.3

Anomali Zoonosis: Dampak Ekspansi Industri di Level Tapak

Pemetaan 3.111 kasus zoonosis di tingkat tapak Sulawesi Tengah (2019–2024) membuktikan alih bentang alam dan kepadatan permukiman industri memicu anomali vektor penyakit. Beban kasus DBD di kabupaten lingkaran tambang tercatat 3,0 kali lipat lebih tinggi dibanding kawasan non-tambang, meledak hingga 4,0 kali lipat pada wabah 2024 (125 vs 31 kasus), serta memicu tingginya endemisitas malaria di Morowali Utara (62,6 kasus/tahun).

Tabel 3.3a

Tren Kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) Kabupaten Tambang vs Kontrol Non-Tambang di Sulawesi Tengah (2019–2024)

Tahun Observasi	Lingkar Tambang Aktif (Morowali, Morut, Banggai)	Non-Tambang / Kontrol Agraris	Rasio Kelipatan Beban Tapak
2019	Sentra In416 Kasus	717 Kasus	0,58x
2020	86 Kasus	709 Kasus	0,12x
2021	97 Kasus	266 Kasus	0,36x
2022	279 Kasus	876 Kasus	0,32x
2023	325 Kasus	734 Kasus	0,44x
2024 (Puncak Wabah)	876 Kasus (125/kab-thn)	944 Kasus (31/kab-thn)	4,03x (Meledak 4 Kali Lipat)
Rata-rata Periode	47,5 Kasus/ Kab-Tahun	15,5 Kasus/ Kab-Tahun	3,06x (3 Kali Lebih Tinggi)

Tabel 3.3b

Insidensi Tertinggi Zoonosis & Puncak Wabah di Kabupaten Sentra Tambang Sulawesi Tengah

Jenis Penyakit Vektor	Kabupaten Episentrum	Tahun Puncak	Puncak Kasus	Karakteristik Faktor Pemicu Lingkungan Tapak
Demam Berdarah (DBD)	Morowali Utara	2024	431 Kasus	Genangan kubangan tambang terbuka & kepadatan barak pekerja
Malaria Tropika & Vivax	Morowali Utara	2024	355 Kasus	Pembabatan hutan primer membuka habitat perindukan nyamuk Anopheles

Jenis Penyakit Vektor	Kabupaten Episentrum	Tahun Puncak	Puncak Kasus	Karakteristik Faktor Pemicu Lingkungan Tapak
Filariasis (Kaki Gajah)	Banggai	2019	16 Kasus	Perubahan hidrologi rawa pesisir dan sistem sanitasi industri
Rabies	Banggai	2019	2 Kasus	Transmisi mamalia akibat terganggunya koridor jelajah hutan
Total Akumulasi Tapak	Lingkar Tambang Sulteng	2019–2024	3.111 Kasus	Rata-rata malaria 62,6 kasus/tahun di kawasan lingkar industri

Sumber: Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Tengah (Profil Zoonosis Kabupaten/Kota 2019–2024, diolah CELIOS, 2026).

3.4

Beban Limbah Beracun (B3): Eksternalitas Kesehatan yang Diabaikan

Audit data lingkungan memetakan timbulan 32,8 juta ton per tahun limbah B3 di Pulau Sulawesi dan membuktikan konsentrasi risiko yang sangat timpang. Sebanyak 97,0% beban limbah bertumpuk di dua provinsi sentra (Sulteng 25,3 juta ton dan Sultra 6,5 juta ton), didominasi oleh 32 juta ton slag feronikel dan tailing HPAL asam sulfat yang mencemari daya dukung lingkungan tapak.

Tabel 3.4a

Distribusi Timbulan Limbah B3 per Provinsi di Pulau Sulawesi

Provinsi	Kategori Wilayah	Timbulan B3 (Ton/Thn)	Karakteristik Timbunan Residu
Sulawesi Tengah	Sentra Industri Nikel	25.300.000 Ton	Episentrum tailing asam HPAL & slag smelter IMIP Morowali
Sulawesi Tenggara	Sentra Industri Nikel	6.500.000 Ton	Slag feronikel VDNI Morosi & residu pemurnian Pomalaa
Sulawesi Selatan	Non-Sentra Tambang	1.000.000 Ton	Slag Electric Arc Furnace (EAF) KIBA Bantaeng
Sulawesi Utara	Non-Sentra Tambang	0 Ton	Tidak terdapat industri pemurnian pirometalurgi/HPAL
Gorontalo	Non-Sentra Tambang	0 Ton	Bebas fasilitas smelter nikel skala raksasa
Sulawesi Barat	Non-Sentra Tambang	0 Ton	Wilayah non-smelter berbasis perkebunan agraris
Total Se-Pulau Sulawesi	Pulau Sulawesi	32.800.000 Ton	97,0% Beban B3 ditanggung Sulteng dan Sultra

Tabel 3.4b Fasilitas Mayor Penghasil Limbah B3 Terbesar di Sulawesi

Kawasan / Entitas Fasilitas	Kabupaten / Provinsi	Jenis Residu Dominan	Timbulan (Ton/Thn)	Sumber Data Primer
Kawasan Industri IMIP	Morowali, Sulteng	Slag Feronikel & Tailing HPAL	12.000.000 Ton	Temuan Ditjen Gakkum KLHK & AEER (2024)
PT Huayue Nickel Cobalt (HNC)	Morowali, Sulteng	Tailing HPAL (Asam Sulfat)	7.000.000 Ton	Laporan Khusus AEER HPAL (2024)
PT Virtue Dragon Nickel (VDNI)	Konawe, Sultra	Slag Feronikel (Pirometalurgi)	6.500.000 Ton	Laporan Produksi VDNI & Kajian WALHI (2023)
PT QMB New Energy Materials	Morowali, Sulteng	Tailing Basah HPAL	5.500.000 Ton	Laporan Khusus AEER HPAL (2024)
PT Huadi Nickel-Alloy Indonesia	Bantaeng, Sulsel	Slag EAF & Tailing Kering	1.000.000 Ton	Kajian JATAM & Akademisi Unhas (2024)
PT Sulawesi Cahaya Mineral (SCM)	Morowali, Sulteng	Air Asam Tambang & Sludge	800.000 Ton	Audit AMDAL & Laporan AEER (2024)

Sumber: Laporan Riset AEER (2024), WALHI Sulawesi, JATAM, dan BPLH (diolah CELIOS, 2026).

3.5 Kesenjangan Fasilitas Kesehatan di Kawasan Ekstraktif

Evaluasi daya dukung fasilitas kesehatan antara provinsi sentra industri dan non-sentra di Sulawesi membuktikan ketimpangan struktural layanan publik yang nyata. Kawasan sentra yang menanggung beban morbiditas ISPA 2 kali lipat justru mengalami defisit Rumah Sakit sebesar -27,3% (40 vs 55 unit), memperkuat indikasi bias pelaporan (underreporting bias) atas beban kesehatan riil masyarakat.

“Peningkatan aktivitas pertambangan dan pengolahan nikel di Sulawesi nyatanya tidak diikuti dengan peningkatan pelayanan kesehatan di wilayah terdampak.”

Tabel 3.5 Rincian Ketersediaan Fasilitas Kesehatan per Provinsi dan Kategori Zona (Tahun 2024)

Provinsi	Kategori Zona Industri	Puskesmas	Rumah Sakit	Total Faskes
Sulawesi Tengah	Sentra Industri Nikel	219	40	259
Sulawesi Tenggara	Sentra Industri Nikel	308	40	348

Provinsi	Kategori Zona Industri	Puskesmas	Rumah Sakit	Total Faskes
Sulawesi Selatan	Non-Sentra Industri	474	126	600
Sulawesi Utara	Non-Sentra Industri	199	58	257
Sulawesi Barat	Non-Sentra Industri	98	16	114
Gorontalo	Non-Sentra Industri	95	20	115
Rata-rata Sentra Industri	Sentra (Sulteng & Sultra)	264 Unit	40 Unit	304 Unit
Rata-rata Non-Sentra	Non-Sentra (4 Provinsi)	217 Unit	55 Unit	272 Unit
Total Se-Pulau Sulawesi	6 Provinsi	1.393 Unit	300 Unit	1.693 Unit

Data Inventarisasi Kesenjangan Sistem Layanan Kesehatan Publik di Kawasan Ekstraktif

- **Defisit Infrastruktur Rujukan Kritis:** Rata-rata ketersediaan Rumah Sakit di sentra industri (40 unit) tercatat 27,3% lebih rendah dibandingkan wilayah non-sentra (55 unit), mempersempit daya tampung penanganan kasus gawat darurat pernapasan akut dan komplikasi kronis.
- **Distorsi Epidemiologis (Underreporting Bias):** Keterbatasan faskes di pelosok lingkaran tambang menyebabkan prevalensi ISPA (5.353 kasus) dan diare (40.720 kasus) merupakan estimasi batas bawah (lower-bound), karena ribuan buruh dan warga terpencil tidak terdata dalam registri puskesmas resmi.
- **Paradoks Pendapatan Daerah vs Belanja Kesehatan:** Ledakan penerimaan royalti dan PDRB tambang Morowali/Konawe tidak dialokasikan sepadan untuk ekspansi faskes publik, memperkuat temuan bahwa hilirisasi menyerap surplus ekonomi ke korporasi sembari mengeksternalisasi beban sakit ke masyarakat.

Sumber: Badan Pusat Statistik (Statistik Rumah Sakit & Profil Kesehatan Indonesia 2024) dan Kementerian Kesehatan RI (diolah CELIOS, 2026). Rata-rata dihitung per provinsi menurut zona industri.

📷 | Dokumentasi CELIOS, 2026

DEMOGRAFI DAN STRUKTUR SOSIAL

4.1 Tekanan Demografi di Kabupaten Lingkar Industri

Audit data kependudukan BPS SIMDASI membuktikan eskalasi tekanan demografi di tujuh kabupaten sentra smelter nikel Sulawesi (1,59 juta jiwa pada 2024), dengan pertumbuhan tahunan mencapai 3,36% (median 2,00%) berbanding 2,03% (median 1,15%) di kabupaten non-smelter. Disparitas ekstrem sebaran Hazen dengan pencilan maksimum (max outlier) 20,34% (dan lonjakan historis 33,31% di Morowali) merupakan artefak administratif rapel pemekaran Morowali Utara serta koreksi Sensus Penduduk 2020 yang merapel akumulasi pekerja tambang tak tercatat (underestimate). Karena anomali administratif ini mendistorsi rata-rata (mean), indikator Median (2,00%) menjadi parameter tendensi sentral yang paling tangguh (robust) dalam merefleksikan tekanan riil kependudukan kawasan lingkar industri.

Tabel 4.1a Anatomi Sebaran Boxplot (Kuantil Hazen) Laju Pertumbuhan Penduduk YoY (%)

Kategori Wilayah	Maks	Pagar Atas	Q3	Median	Q1	Pagar Bawah	Min	Mean
Kabupaten Smelter (7 Kab)	20,34%	4,22%	2,78%	2,00%	1,50%	-0,10%	-7,76%	3,36%
Kabupaten Non-Smelter	14,80%	3,61%	1,90%	1,15%	0,69%	-0,89%	-6,73%	2,03%

Tabel 4.1b

Profil Populasi dan Pertumbuhan Penduduk 7 Kabupaten Sentra Smelter Nikel (Tahun 2024)

Kabupaten Sentra	Provinsi	Populasi 2024 (Jiwa)	Median YoY (%)
Banggai	Sulawesi Tengah	377.600 Jiwa	1,56%
Luwu Timur	Sulawesi Selatan	312.700 Jiwa	2,03%
Konawe	Sulawesi Tenggara	274.100 Jiwa	1,95%
Kolaka	Sulawesi Tenggara	248.800 Jiwa	1,50%
Morowali	Sulawesi Tengah	173.300 Jiwa	1,71%
Morowali Utara	Sulawesi Tengah	127.900 Jiwa	2,13%
Konawe Utara	Sulawesi Tenggara	73.800 Jiwa	2,45%
Total 7 Kabupaten Smelter	Sulawesi	1.588.200 Jiwa	2,00%

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS SIMDASI 2014–2024, diolah CELIOS, 2026)

4.2 Kepadatan dan Kapasitas Layanan

Evaluasi statistik kependudukan mencatat rata-rata kepadatan kabupaten sentra industri smelter nikel di Sulawesi sebesar 42,7 jiwa/km², tampak jauh lebih renggang dibandingkan rata-rata wilayah non-sentra yang mencapai 438,3 jiwa/km². Angka komparasi agregat ini memiliki batasan masalah statistik (scope of limitation) yang krusial: kelompok non-sentra memasukkan kota metropolitan padat (Makassar dan Manado) dengan karakteristik ruang yang sama sekali berbeda. Jika wilayah perkotaan dikeluarkan agar pembandingnya setara sesama kabupaten, rata-rata non-smelter terkoreksi ke 159,0 jiwa/km² (median 117,0 jiwa/km²). Keterbatasan utama statistik agregat resmi BPS berbasis kabupaten ini adalah ketidakmampuannya menangkap fenomena pemadatan di tingkat tapak: luasnya bentang daratan kabupaten mengencerkan konsentrasi ribuan pekerja migran yang menumpuk di satu atau dua kecamatan lingkaran pabrik. Akibatnya, perencanaan layanan publik (puskesmas, sanitasi, air bersih) yang dihitung berbasis rasio satu kabupaten penuh tampak mencukupi di atas kertas, sementara kecamatan tapak industri menanggung defisit daya dukung riil yang tidak pernah terbaca dalam data agregat.

Tabel 4.2

Profil Kepadatan Penduduk 7 Kabupaten Sentra Smelter Nikel (Tahun 2024)

Kabupaten Sentra	Provinsi	Populasi 2024 (Jiwa)	Kepadatan (Jiwa/km ²)	Karakteristik Wilayah Administratif
Kolaka	Sulawesi Tenggara	248.800 Jiwa	84,0 jiwa/km ²	Kepadatan tertinggi klaster smelter (sentra Pomalaa)
Konawe	Sulawesi Tenggara	274.100 Jiwa	51,0 jiwa/km ²	Konsentrasi tenaga kerja di kawasan industri Morosi

Kabupaten Sentra	Provinsi	Populasi 2024 (Jiwa)	Kepadatan (Jiwa/km ²)	Karakteristik Wilayah Administratif
Banggai	Sulawesi Tengah	377.600 Jiwa	46,0 jiwa/km ²	Wilayah daratan luas; konsentrasi di pesisir Luwuk & Bunta
Luwu Timur	Sulawesi Selatan	312.700 Jiwa	46,0 jiwa/km ²	Pemadatan terkonsentrasi di lingkaran tambang Sorowako
Morowali	Sulawesi Tengah	173.300 Jiwa	39,0 jiwa/km ²	Agregat rendah; konsentrasi riil menumpuk di Bahodopi
Konawe Utara	Sulawesi Tenggara	73.800 Jiwa	18,0 jiwa/km ²	Bentang daratan luas; kantong tambang di pesisir utara
Morowali Utara	Sulawesi Tengah	127.900 Jiwa	15,0 jiwa/km ²	Agregat terendah; konsentrasi baru di tapak PT GNI
Total 7 Kabupaten	Sulawesi	1.588.200 Jiwa	42,7 jiwa/km²	Rata-rata agregat administratif kabupaten (Median: 46,0)

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS SIMDASI 2024, diolah CELIOS, 2026).

4.3

Pergeseran Struktur Ekonomi dari Basis Agraris ke Blok Ekstraktif-Industrial

Dekomposisi Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) membuktikan pergeseran drastis pusat gravitasi ekonomi di Sulawesi dari basis agraris tradisional menuju hegemoni blok ekstraktif-industrial. Di Sulawesi Tengah, porsi sektor pertanian terpankas lebih dari separuh dari 34,39% (2014) menjadi 15,80% (2024), sementara sektor pertambangan dan industri pengolahan meroket dari 15,45% menjadi 55,82%, mendongkrak Shift Index hingga 7,9 kali lipat dari 0,449 menjadi 3,533.

Matriks kalkulasinya sebagai berikut:

1. Pergeseran Proporsi Sektoral PDRB Sulawesi Tengah (2014 vs 2024):

Porsi Pertanian (Sektor A): 34,39% (2014) → 15,80% (2024) [Anjlok -18,59 Poin Persentase]

Porsi Tambang + Industri (B+C): 15,45% (2014) → 55,82% (2024) [Melonjak +40,37 Poin Persentase]

2. Multiplier Shift Index Sektoral (Rasio Blok B+C terhadap Sektor A):

Shift Index 2014 = $15,45\% \div 34,39\% = 0,449$ (Basis Agraris Masih Dominan)

Shift Index 2024 = $55,82\% \div 15,80\% = 3,533$ (Hegemoni Blok Ekstraktif-Industrial)

Multiplier Pergeseran = $3,533 \div 0,449 = 7,868 \approx 7,9$ Kali Lipat

Tabel 4.3a

Tren Pergeseran Struktur Sektoral PDRB Sulawesi Tengah (Tahun 2014–2024)

Tahun	Pertanian (A)	Pertambangan (B)	Industri Logam (C)	Blok Ekstraktif (B+C)	Shift Index (B+C / A)
2014	34,39%	7,12%	8,33%	15,45%	0,449
2016	29,88%	9,84%	14,03%	23,87%	0,799
2018	24,12%	12,45%	20,14%	32,59%	1,351
2020	20,45%	15,30%	23,25%	38,55%	1,885
2022	16,50%	21,40%	36,65%	58,05%	3,518
2024	15,80%	22,60%	33,22%	55,82%	3,533

Tabel 4.3b

Perbandingan Shift Index Antar-Provinsi Se-Pulau Sulawesi (2014 vs 2024)

Provinsi	Porsi Pertanian 2024 (A)	Porsi Ekstraktif 2024 (B+C)	Shift Index 2014	Shift Index 2024	Multiplier
Sulawesi Tengah	15,80%	55,82%	0,449	3,533	7,9x
Sulawesi Tenggara	23,48%	30,53%	1,009	1,300	1,3x
Sulawesi Selatan	21,84%	17,57%	0,918	0,804	0,9x
Sulawesi Utara	20,59%	15,52%	0,661	0,754	1,1x
Sulawesi Barat	46,11%	12,62%	0,298	0,274	0,9x
Gorontalo	37,29%	5,50%	0,145	0,147	1,0x

Sumber: BPS PDRB Sektoral Seri 2010 (2014–2024, diolah CELIOS, 2026).

4.4 Kemiskinan di Tengah Pertumbuhan

Temuan paling menentukan dari audit sosial-ekologis ini justru datang dari indikator yang jarang dikaitkan dengan lingkungan. Daerah yang pergeseran ekonominya paling agresif ke arah pertambangan justru termasuk wilayah dengan tingkat kemiskinan tertinggi di Sulawesi. Kekayaan alam yang digali dari perut bumi tidak berhenti maupun berputar di wilayah penghasil itu sendiri, dan angka kemiskinannya terbukti tidak ikut turun ketika Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) melonjak ratusan persen.

Tabel 4.4a

Konfigurasi Variabel & Asumsi Uji Chi-Square (Kemiskinan vs Sektor Ekstraktif)

Komponen Uji	Konfigurasi & Asumsi Ekonometrika (Sub-bab 4.4)
Variabel Bebas (X)	Indeks pergeseran PDRB (B+C)/A & Porsi PDRB ekstraktif tambang-industri (B+C)

Komponen Uji	Konfigurasi & Asumsi Ekonometrika (Sub-bab 4.4)
Variabel Terikat (Y)	Persentase penduduk miskin kabupaten (BPS SIMDASI)
Hipotesis Nol (H0)	Pergeseran struktur ekonomi ke arah ekstraktif dan tingkat kemiskinan saling independen (tidak berhubungan).
Hipotesis Alternatif (H1)	Terdapat asosiasi positif signifikan: wilayah dominasi ekstraktif memiliki risiko kemiskinan lebih tinggi.
Kriteria Uji (Alpha 5%)	Pearson Chi-Square P-Value < 0,05 (Tolak H0, hubungan signifikan) dan Odds Ratio (OR) > 1,0.
Threshold Kategori	Median Split Data Panel Kabupaten-Tahun se-Sulawesi (df = 1, seluruh sel Expected Count ≥ 5)
Orientasi Odds Ratio	OR = $(a \times d) \div (b \times c)$; mengukur kelipatan risiko wilayah pergeseran ekstraktif tinggi tergolong kantong kemiskinan tinggi.

Tabel 4.4b

Hasil Uji Signifikansi Hubungan Pergeseran Struktur Ekonomi terhadap Kemiskinan

Variabel Bebas (X)	Variabel Terikat (Y)	Chi-Square (X ²)	df	P-Value	Odds Ratio	Kesimpulan
Indeks pergeseran (B+C)/A	Persentase penduduk miskin	47,541	1	< 0,001	3,20	Signifikan (Risiko 3,2x)
Porsi PDRB tambang + industri (B+C)	Persentase penduduk miskin	40,577	1	< 0,001	2,93	Signifikan (Risiko 2,9x)
Porsi PDRB industri pengolahan (C)	Persentase penduduk miskin	8,061	1	0,005	0,62	Signifikan

Sumber: BPS SIMDASI & PDRB Sektoral (Panel Kabupaten-Tahun se-Sulawesi, diolah CELIOS, 2026).

Selama ini pertumbuhan dipakai sebagai alasan investasi masuk. Sektor tambang membesar, angka ekonomi daerah naik, dan itu dianggap cukup untuk membenarkan ongkos lingkungannya. Data menunjukkan pembenaran itu tidak berlaku. Pertumbuhan ekonomi tidak akan dirasakan oleh orang yang tinggal di atas tanah yang digali. Pada akhirnya, daerah yang paling bergantung pada tambang bukan daerah yang paling sejahtera di Sulawesi, melainkan sebaliknya.

📷 | Dokumentasi CELIOS, 2026

KONFLIK SOSIAL DAN RESISTENSI MASYARAKAT

5.1 Skala Konflik Agraria di Sulawesi

Rekonstruksi data konflik agraria dibangun melalui pipeline pemrosesan bahasa alami (Natural Language Processing / NLP) berbasis regular expression (RegEx) dan pengenalan entitas bernama (Named Entity Recognition / NER). Algoritma ini dirancang secara spesifik untuk menyaring dataset kompilasi nasional, mengekstraksi atribut sektoral, dan mengagregasi indikator dampak sosial yang bermuara pada visualisasi Bento Cards di halaman dashboard.

Bagan Alur 5.1

Pipeline Penelusuran Sengketa Ruang & Ekstraksi Lokasi (Bento Cards)

TAHAP 1: PENGUMPULAN & PENYARINGAN DATA KASUS

1

Pengumpulan Berkas Kasus

Data Ingestion:
Kompilasi 568 berkas sengketa Basis Data KPA & TanahKita.id

2

Pembacaan Teks & Entitas

NER & Regex Extraction:
Ekstraksi kronologi kejadian, nama korporasi, & korban

3

Pelacakan Wilayah (NER)

Location Fingerprint:
Pencocokan kata kunci kabupaten/kota sentra nikel

4

Penyaringan Spasial (Cleansing)

Spatial Filtering:
Eliminasi kasus luar pulau menghasilkan 95 kasus terverifikasi



TAHAP 2: PENGELOMPOKAN SEKTOR & REKAPITULASI DAMPAK

8

Ringkasan Kasus (Bento Cards)

Konsolidasi Metrik:
Penataan 95 kasus konflik & sorotan 51 kasus belum ditangani

7

Agregasi Jiwa & Komunitas

Metric Aggregation:
Kalkulasi 90.582 jiwa korban & 59 komunitas warga terdampak

6

Pengelompokan 5 Sektor

Thematic Classification:
Klasifikasi Hutan (30), Kebun (25), Tambang (23), & PSN (13)

5

Penjaringan Sektor Pesisir

Dual-Criteria Filter:
Deteksi sengketa nelayan & wisata pesisir-bahari (3 kasus)

Mekanisme penelusuran data beroperasi secara terpadu dalam dua tahap kerja komputasi: (1) Tahap 1 (Pengumpulan & Penyaringan): Kompilasi 568 berkas pengaduan nasional KPA dan TanahKita.id yang disaring menggunakan sidik jari spasial (NER kata kunci kabupaten/kota sentra nikel) untuk mengeliminasi kasus di luar wilayah Sulawesi, menghasilkan 95 kasus konflik terverifikasi. (2) Tahap 2 (Pengelompokan & Rekapitulasi Dampak): Klasifikasi tematik lima sektor sengketa berbasis pemindaian teks status konflik—Kehutanan (30 kasus), Perkebunan (25 kasus), Pertambangan (23 kasus), Infrastruktur & PSN (13 kasus), serta Pariwisata & Pesisir (3 kasus)—dilanjutkan dengan agregasi metrik dampak mencakup 90.582 jiwa korban, 59 komunitas warga terdampak, serta keterlibatan 69 aktor pemerintah dan 52 korporasi, yang diringkas pada kartu Bento Cards dengan menyorot 51 kasus (53,7%) yang belum ditangani.

Tabel 5.1

Kamus Ekstraksi NER & Kata Kunci Pipeline Sengketa Ruang Sulawesi

Kategori Entitas / Fitur	Target Kolom	Kamus Kata Kunci Lengkap	Logika Komputasi & Signifikansi Pers
Sidik Jari Spasial (Location NER)	judul, deskripsi, narasi, lokasi	Sulawesi (Selatan, Tengah, Tenggara, Utara, Barat), Gorontalo, Morowali, Konawe, Kolaka, Bombana, Poso, Donggala, Luwu, Banggai, Wakatobi, Manado, Mamuju, Majene, Polewali, Buol, Toli-Toli, Parigi, Luwuk, Kendari, Baubau, Palu, Bitung, Tomohon, Kotamobagu, Gowa, Takalar, Jenepono, Bulukumba, Sinjai, Bone, Maros, Pangkep, Barru, Pinrang, Enrekang, Toraja, Palopo, Soroako, Bantaeng, Buton, Muna, Minahasa, Sangihe, Weda, Obi, Halmahera.	Ekstraksi entitas geografis 45 kab/kota sentra nikel pada 568 berkas nasional; eliminasi anomali luar pulau menjadi 95 kasus terverifikasi.
Dwikriteria Pesisir & Bahari	status, judul, deskripsi, narasi	Pariwisata, Konservasi Laut, Pesisir, Nelayan, Pantai, Tambak, Reklamasi Bahari, Ruang Tangkap Komunal.	Mendeteksi 3 kasus sengketa ruang tangkap nelayan komunal dan sempadan pesisir yang terdesak proyek wisata/konservasi.
Klasifikasi 5 Sektor Tematik	status	Kehutanan: Hutan, Lindung, Konservasi, Produksi, TNLL, KPHP. Perkebunan: Perkebunan, Sawit, HGU, Kebun Inti/Plasma. Pertambangan: Pertambangan, Nikel, Smelter, IUP, Tambang Batuan. Infrastruktur & PSN: Infrastruktur, Bendungan, Transmigrasi, Energi, Fasilitas, Jalan.	Pengelompokan 5 sektor pemicu sengketa: Kehutanan (30 kasus), Perkebunan (25 kasus), Pertambangan (23 kasus), PSN (13 kasus), & Pesisir (3 kasus).

Kategori Entitas / Fitur	Target Kolom	Kamus Kata Kunci Lengkap	Logika Komputasi & Signifikansi Pers
Agregasi Jiwa, Komunitas & Aktor	dampak_ masyarakat_ jiwa, keterlibatan_ masyarakat, status_ konflik, keterlibatan_ pemerintah, keterlibatan_ perusahaan	Jiwa/Warga Terdampak, Komunitas Adat/Tani/Lokal, Status: Belum Ditangani, Keterlibatan Pemerintah (Pemda, Kementerian, Aparat), Keterlibatan Korporasi (BUMN, Swasta, Asing).	Kalkulasi total 90.582 jiwa korban, 59 komunitas lokal, keterlibatan 69 instansi pemerintah & 52 korporasi, serta sorotan 51 kasus (53,7%) belum ditangani.

Sumber: Basis Data Konsorsium Pembaruan Agraria (KPA) dan TanahKita.id (diolah CELIOS, 2026).

5.2 Perebutan Ruang

Klasifikasi lima bentuk perebutan ruang hidup ini beroperasi menggunakan pipeline Natural Language Processing (NLP) dan penapisan teks tematik yang identik dengan Sub-bab 5.1, di mana 95 kasus terverifikasi KPA TanahKita dipilah ke dalam lima taksonomi sektoral berbasis kamus kata kunci atribut status: Kehutanan (30 kasus, 31,6%), Perkebunan (25 kasus, 26,3%), Pertambangan (23 kasus, 24,2%), Infrastruktur/PSN (13 kasus, 13,7%), serta Pesisir dan Bahari (3 kasus, 3,2%). Pipeline metodologis ini mengekstraksi relasi asimetris antara instrumen legalitas konsesi (klaim kawasan hutan negara, HGU sawit, IUP tambang nikel, pengadaan tanah PSN, dan zonasi pesisir) berhadapan dengan hak kelola historis masyarakat yang nir-dokumen formal. Konstruksi data ini membuktikan titik buta regulasi D3TLH: ketergantungan eksklusif D3TLH pada izin administratif formal di atas kertas serta agregasi makro skala kabupaten secara sistematis mengeliminasi konflik tenurial riil di tingkat tapak dari neraca kalkulasi daya dukung lingkungan hidup.

Sumber: Basis Data Konsorsium Pembaruan Agraria (KPA) dan TanahKita.id (diolah CELIOS, 2026).

5.3 Kriminalisasi dan Represi

Kuantifikasi represi dan kriminalisasi pejuang ruang hidup dieksekusi melalui pipeline Natural Language Processing (NLP) dan ekstraksi Named Entity Recognition (NER) berbasis kamus kata kunci tematik—mendeteksi entitas aparat keamanan (Polri/TNI), frasa intimidasi, penetapan tersangka, pasal pidana perambahan konsesi, serta insiden bentrokan fisik pada korpus kronologi sengketa. Dari 95 kasus terverifikasi KPA TanahKita, sistem mengekstraksi 46 kasus (48,4%) terindikasi kriminalisasi dengan fatalitas mencakup 93 warga dan aktivis ditangkap, 4 korban luka, serta 1 korban tewas, di mana sektor pertambangan mencatat frekuensi tertinggi (17 kasus) dengan puncak insiden pada 2017. Pengujian tabulasi silang statistik membuktikan faktor paling determinan pemicu kriminalisasi adalah kehadiran aparat di tapak konflik secara simultan (co-occurrence). Analisis komparatif Before-After titik potong 2014

menyingkap anomali metodologis: di saat frekuensi konflik melonjak dari 37 menjadi 55 kasus, jumlah penangkapan warga justru merosot dari 83 ke 10 orang. Divergensi ini membuktikan pergeseran taktik represi dari penangkapan massal terbuka (mass sweeping) menjadi kriminalisasi selektif yudisial (selective judicial harassment) yang menasar tokoh pengorganisir komunitas secara senyap melalui proses hukum panjang dan melelahkan. Fakta ini membongkar kelemahan fundamental D3TLH (PP 26/2025): ketiadaan variabel represi hukum dan penyempitan ruang sipil menyebabkan instrumen daya dukung lingkungan hidup melegitimasi ruang konsesi di atas kertas, padahal di tingkat tapak ruang tersebut dipaksakan melalui koersi struktural terhadap masyarakat.

Sumber: Basis Data Konsorsium Pembaruan Agraria (KPA) dan TanahKita.id (diolah CELIOS, 2026).

📷 | Dokumentasi CELIOS, 2026

POLA PENERBITAN IZIN SETELAH TEKANAN EKOLOGIS MENINGKAT

Secara kelembagaan, instrumen tata ruang dan Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Hidup (D3TLH) semestinya berfungsi membatasi ekspansi industri ekstraktif pada kawasan yang melampaui daya dukung lingkungan. Namun di Semenanjung Sulawesi terjadi anomali: dalam kurun 2014–2024 ketika deforestasi satu dekade mencapai 1.001.654 hektare, pemerintah justru menerbitkan 574 izin usaha pertambangan (IUP) baru seluas 819.452,5 hektare dengan puncak 194 izin baru pada 2024. Fakta ini membuktikan instrumen D3TLH diperlakukan sebatas formalitas administratif yang terputus dari pengendalian pemanfaatan ruang.

6.1 Tabrakan Tata Ruang di Kawasan Konservasi

Penapisan spasial citra satelit GFW beresolusi tinggi membuktikan deforestasi di dalam kawasan konservasi resmi di Semenanjung Sulawesi terus bertambah sepanjang 2014–2023 hingga terakumulasi mencapai 41,8 ribu hektare tanpa fase pemulihan ekologis. Kerusakan permanen terbesar terjadi pada Cagar Alam dan Suaka Margasatwa (IUCN Kategori I) seluas 24.104 hektare (57,69%), serta Taman Nasional (IUCN Kategori II) seluas 17.681 hektare (42,31%). Penetrasi konsesi tambang ke zona terlarang ini melanggar UU No. 5/1990 dan meruntuhkan fungsi hidrologis penyangga bencana bagi masyarakat di hilir.

Tabel 6.1

Rincian Deforestasi di Kawasan Konservasi (WDPA IUCN) Sulawesi (2014–2023)

Periode Tahun	Cagar Alam (Cat I) (Ha)	Taman Nasional (Cat II) (Ha)	Total Deforestasi (Ha)
2014	2.261 Ha	1.479 Ha	3.740 Ha
2015	4.512 Ha	3.165 Ha	7.677 Ha
2016	4.046 Ha	3.815 Ha	7.861 Ha
2017	2.342 Ha	1.560 Ha	3.902 Ha
2018	2.267 Ha	1.364 Ha	3.631 Ha
2019	2.699 Ha	1.555 Ha	4.254 Ha
2020	1.429 Ha	1.379 Ha	2.808 Ha
2021	956 Ha	969 Ha	1.925 Ha
2022	1.135 Ha	848 Ha	1.983 Ha
2023	2.458 Ha	1.547 Ha	4.005 Ha
Total Dekade	24.104 Ha	17.681 Ha	41.785 Ha

Sumber: Global Forest Watch (GFW) & Peta Kawasan Konservasi WDPA Kategori IUCN I & II (diolah CELIOS, 2026). *Batas resmi cagar alam dan taman nasional.

Sifat kerusakan kawasan konservasi yang terus terakumulasi secara kontinu menunjukkan bahwa setiap pohon yang ditebang di zona suaka alam menjadi beban ekologis permanen yang dibawa ke tahun-tahun berikutnya tanpa pemulihan yang memadai. Hancurnya benteng lindung ini tidak hanya melanggar ketentuan pidana kehutanan, melainkan juga melipatgandakan kerentanan bentang alam Pulau Sulawesi terhadap bencana banjir bandang, longsor, dan krisis air bersih bagi ruang hidup masyarakat hilir.

6.2 Konflik Pertambangan dan Masalah Izin

Serupa dengan kerangka operasional pada Sub-bab 5.1 (Skala Konflik Agraria di Sulawesi), rekonstruksi data pada sub-bab ini dieksekusi melalui pipeline Extract, Transform, Load (ETL) yang dipadukan dengan pemrosesan bahasa alami (NLP) berbasis Named Entity Recognition (NER) dan penyaringan Regular Expression (RegEx). Algoritma ini menapis kompilasi investigasi koalisi masyarakat sipil (CATAHU KPA 2016–2025 dan Tanahkita.id) untuk mengisolasi entitas korporasi, legalitas izin, dan pola represi tenurial. Hasil ekstraksi memverifikasi 21 kasus perizinan bermasalah di sentra pertambangan nikel Sulawesi—meliputi operasi konsesi berizin kadaluarsa, pembukaan hutan tanpa izin pelepasan kawasan, dan tumpang tindih lahan—yang bermuara pada 12 konflik pertambangan terbuka serta 8 kasus dengan indikasi pelanggaran asas Free, Prior, and Informed Consent (FPIC) yang diwarnai kriminalisasi masyarakat adat dan petani lokal.

Tabel 6.2

Dokumentasi Permasalahan Perizinan, Konflik Pertambangan, dan Pelanggaran Asas FPIC di Sulawesi

Tahun	Entitas Perusahaan / Proyek	Wilayah & Komoditas	Ringkasan Kasus & Masalah Tenurial	Pelanggaran FPIC
2023	PT Ifishdeco	Sultra (Nikel)	Sengketa tanah leluhur Lalo Ndowua di Roraya; penyerobotan lahan pertanian dan penolakan tambang warga tanpa kompensasi	Ya
2022	Konsesi Tambang Parigi	Sulteng (Emas)	Ancaman kerusakan sumber air bersih komunal; penolakan tambang dan unjuk rasa warga berujung penembakan aparat	Ya
2022	PT Gema Kreasi Perdana (GKP)	Sultra (Nikel / Wawonii)	Penambangan pulau kecil Wawonii berizin IPPKH kadaluarsa, penyerobotan kebun, dan kriminalisasi penolak tambang	Ya
2022	Tambang Nikel Wawonii	Sultra (Nikel / Wawonii)	Pembukaan jalan tambang nikel mencemari sumber air bersih dan merusak tanaman produktif cengkih serta pala warga	Ya
2021	PT Tambang Mas Sangihe (TMS)	Sulut (Emas / Sangihe)	Penolakan Kontrak Karya di pulau kecil Sangihe karena bertentangan dengan UU No. 1/2014 (WP3K) dan daya dukung pulau	Tidak Eksplisit
2019	PT IWIP & PT Tekindo	Sulut / Malut (Nikel)	Pemalangan jalan akses menuju Ake Jira akibat operasi tambang nikel di atas kawasan hutan adat Orang Tobelo Dalam	Ya
2019	PT Gema Kreasi Persada (GKP)	Sultra (Nikel / Wawonii)	Penerobosan lahan perkebunan mete, kelapa, dan kakao warga di Pulau Wawonii yang telah dikelola lebih dari 30 tahun	Tidak Eksplisit
2017	PT Boskalis & PT Jan De Nul	Sulsel (Pasir Laut)	Pertambangan pasir laut proyek reklamasi menyebabkan kerusakan pesisir dan terganggunya ruang tangkap nelayan Tamalate	Tidak Eksplisit
2017	PT Boskalis & PT Jan De Nul	Sulsel (Pasir Laut)	Penambangan pasir laut menyebabkan abrasi pesisir dan anjloknya pendapatan nelayan tangkap di Desa Galesong Kota	Tidak Eksplisit

Tahun	Entitas Perusahaan / Proyek	Wilayah & Komoditas	Ringkasan Kasus & Masalah Tenurial	Pelanggaran FPIC
2017	PT Baula Petra Buana	Sultra (Nikel)	Pembangunan jetty dan ceceran sedimentasi ore nikel di pesisir Tinanggea merusak wilayah budidaya rumput laut nelayan	Ya
2015	Konsesi Tambang & Sawit	Sultra (Nikel)	Penetrasi konsesi tambang dan sawit ke wilayah adat berujung kriminalisasi masyarakat adat (Bokum & Nuhu)	Ya
2014	PT Mikro Metal Perdana (MMP)	Sulut (Pasir Besi / Bangka)	IUP eksplorasi 2.000 Ha di Pulau Bangka tanpa persetujuan warga; digugat ke PTUN/MA hingga izin dibatalkan berkekuatan hukum	Ya

Sumber: Basis data Konsorsium Pembaruan Agraria (CATAHU KPA 2016–2025) dan Tanahkita.id (diolah CELIOS, 2026)

Rangkaian temuan empiris ini membuktikan bahwa permasalahan perizinan pertambangan tidak hanya berkaitan dengan degradasi fisik lingkungan, tetapi menyangkut pemenuhan hak asasi masyarakat terdampak. Keberlanjutan operasi korporasi yang memiliki riwayat konflik agraria menunjukkan mandulnya mekanisme pengawasan dan penegakan hukum perizinan. Dalam tata kelola saat ini, instrumen D3TLH dan FPIC gagal membatasi pemberian izin dan belum diintegrasikan secara substantif ke dalam sistem pengambilan keputusan alokasi ruang.

 Dokumentasi CELIOS, 2026

KONSENTRASI MANFAAT EKONOMI DAN DISTRIBUSI BEBAN EKOLOGIS

7.1 Republik Oligarki: Monopoli Keuntungan Bisnis Ekstraktif

Audit ketimpangan CELIOS (Inequality Report 2026) membuktikan monopoli keuntungan bisnis ekstraktif pada segelintir konglomerasi: akumulasi kekayaan 50 taipan terkaya Indonesia melampaui Rp4.651 triliun, dengan sekitar 58% (Rp2.697,6 triliun) bersumber dari sektor pertambangan, batu bara, sawit, dan pemurnian logam — tumbuh Rp13 miliar/hari, kontras dengan kenaikan upah buruh nasional sekitar Rp2 ribu/hari. Pemetaan entitas berjenjang (Hierarchical Entity Profiling) mengagregasi daya rusak privat Top 10 grup di Sulawesi: 366.481 Ha konsesi, 9.655 MW PLTU captive, dan estimasi rugi ekologis melampaui Rp141,5 triliun.

Matriks kalkulasinya sebagai berikut:

A. Parameter Acuan Baku (Variabel Tetap / Fixed Constants):

1. Tarif Lahan = Rp339 Juta/Ha (Valuasi pemulihan ekosistem & kerugian warga per PermenLHK 7/2014)
2. Faktor Emisi = 7.000 Ton CO₂/MW/Tahun (Standar emisi operasional PLTU batubara sub-kritis)
3. Tarif Karbon = Rp530 Ribu/Ton CO₂ (Social Cost of Carbon / Nilai Ekonomi Karbon per PP 98/2021)

B. Model Kalkulasi Algoritmik:

1. Konversi Emisi Karbon PLTU Captive [Kolom Tabel: Emisi PLTU Captive]
Rumus = Kapasitas Daya (MW) × Faktor Emisi (7.000 Ton CO₂/MW/Thn)

- Delong: $5.175 \text{ MW} \times 7.000 \approx 36,2 \text{ Jt Ton CO}_2/\text{thn}$ | Tsingshan: $4.030 \text{ MW} \times 7.000 \approx 28,2 \text{ Jt Ton CO}_2/\text{thn}$
- Total 3 Smelter Terkuantifikasi (Delong + Tsingshan + Zhenshi 450 MW) = 9.655 MW (~67,6 Jt Ton CO₂/thn)

2. Estimasi Rugi Ekologis per Grup [Kolom Tabel: Estimasi Rugi Ekologis]

Rumus: Rugi Ekologis = (Luas Konsesi × Tarif Lahan) + (Emisi PLTU × Tarif Karbon)

- Vale : $(118.017 \text{ Ha} \times \text{Rp}339 \text{ Jt/Ha}) + \text{Rp}0 \text{ (PLTU 0 MW)} = \text{Rp}40,01 \text{ T} \rightarrow > \text{Rp}40,0 \text{ Triliun}$
- Delong : $(2.253 \text{ Ha} \times \text{Rp}339 \text{ Jt} \approx \text{Rp}0,8 \text{ T}) + (36,2 \text{ Jt Ton} \times \text{Rp}530 \text{ Rb} \approx \text{Rp}19,2 \text{ T}) \rightarrow > \text{Rp}20,0 \text{ Triliun}$
- Total 10 Grup = Akumulasi kerugian ekologis seluruh grup $\rightarrow > \text{Rp}141,5 \text{ Triliun}$

Catatan Data Input: Luas konsesi (MODI ESDM) dan konflik agraria (TanahKita.id KPA) merupakan variabel empiris

aktual yang disubstitusikan ke dalam model kalkulasi kerugian di atas.

Sumber: CELIOS Inequality Report 2026; ESDM Minerba One Data Indonesia (MODI); Global Coal Plant Tracker (Global Energy Monitor); adaptasi valuasi PermenLHK No. 7/2014 (diolah CELIOS, 2026).

Penyajian ini menunjukkan bahwa aktor yang menikmati akumulasi manfaat ekonomi terbesar merupakan aktor yang juga mengendalikan sebagian besar aktivitas ekstraktif di wilayah Sulawesi. Dengan demikian, distribusi manfaat dan distribusi beban dapat dibaca dalam satu lanskap yang utuh.

7.2 Beban yang Ditanggung Masyarakat

Agregasi deret waktu eksternalitas negatif (Descriptive Time-Series Aggregation) memperlihatkan arah distribusi yang berlawanan: keuntungan bersifat privat, sedangkan kerugiannya menjadi beban publik. Sentra nikel Sulawesi Tengah–Sulawesi Tenggara mengakumulasi 117.775 kasus ISPA/Pneumonia sepanjang 2014–2024, disertai sedikitnya 12 konflik agraria dan pelanggaran hak masyarakat yang terdokumentasi, serta estimasi kerugian ekologis melampaui Rp100 triliun berbasis proksi valuasi lingkungan KLHK — mencakup hilangnya fungsi hutan primer, degradasi ekosistem pesisir, dan lenyapnya sumber air bersih.

Tabel 7.2a

Tren Tahunan Kasus ISPA/Pneumonia Sentra Nikel Sulteng & Sultra (2014–2024)

Tahun	Sulawesi Tengah	Sulawesi Tenggara	Total Sentra	Kumulatif
2014	7.923	5.081	13.004	13.004
2015	10.152	3.262	13.414	26.418
2016	10.565	3.106	13.671	40.089
2017	9.895	2.577	12.472	52.561
2018	8.980	3.713	12.693	65.254

Tahun	Sulawesi Tengah	Sulawesi Tenggara	Total Sentra	Kumulatif
2019	8.430	3.648	12.078	77.332
2020	5.724	1.283	7.007	84.339
2021	4.668	1.048	5.716	90.055
2022	6.273	1.515	7.788	97.843
2023	7.873	1.572	9.445	107.288
2024	8.840	1.647	10.487	117.775

Tabel 7.2b

Ringkasan Indikator Beban Publik Dampak Industrialisasi Ekstraktif

Indikator Beban	Nilai	Deskripsi	Kumulatif
Krisis Kesehatan (ISPA)	117.775 kasus	Akumulasi kasus infeksi saluran pernapasan di sentra nikel Sulteng & Sultra (2014–2024), berkorelasi dengan polusi debu dan sulfur PLTU captive.	Data Panel Kesehatan (Dinkes/BPS)
Konflik Agraria & FPIC	12 kasus kritis	Terdokumentasi meletus di Sulawesi; mengorbankan puluhan ribu jiwa, melibatkan perampasan kebun, pelanggaran hak adat, dan penembakan warga.	TanahKita.id (KPA / YLBHI)
Estimasi Kerugian Ekologis	> Rp100 Triliun	Akumulasi estimasi kerugian ekologis dari aktivitas industri Top 10 grup taipan ekstraktif di Sulawesi.	Kalkulasi Tabel Top 10 Taipan (Sub-bab 7.1)

Sumber: Data Panel Kesehatan Dinas Kesehatan Provinsi & BPS; TanahKita.id — Konsorsium Pembaruan Agraria (KPA) / YLBHI; Kalkulasi Tabel Top 10 Taipan (diolah CELIOS, 2026).

Temuan ini memperlihatkan bahwa indikator makro seperti investasi, nilai ekspor, maupun pertumbuhan PDB tidak dapat digunakan secara tunggal untuk menilai keberhasilan hilirisasi. Nilai tambah ekonomi memang tercipta, tetapi distribusi manfaatnya jauh lebih terkonsentrasi dibandingkan distribusi bebannya. Sementara keuntungan finansial mengalir kepada korporasi dan pemegang konsesi, masyarakat di wilayah penghasil justru menghadapi peningkatan risiko kesehatan, konflik ruang hidup, serta biaya pemulihan lingkungan yang jauh melampaui kapasitas fiskal daerah. Dengan demikian, evaluasi terhadap pembangunan industri ekstraktif perlu mempertimbangkan secara bersamaan siapa yang menerima manfaat ekonomi dan siapa yang menanggung biaya ekologis maupun sosialnya.

Simulasi Perhitungan Matematis Kerugian Ekologis: 10 Konsorsium Ekstraktif Sulawesi

Dokumen teknis ini menyajikan rujukan bukti dokumen resmi, landasan hukum regulasi, serta simulasi perhitungan matematis dampak lingkungan atas penguasaan bentang alam dan emisi cerobong industri dari 10 grup konglomerasi ekstraktif (pertambangan nikel, emas, serta kawasan industri smelter) di Pulau Sulawesi, menggunakan model proksi valuasi ekonomi lingkungan Center of Economic and Law Studies (CELIOS). Seluruh perhitungan disajikan secara terbuka menggunakan model proksi makro non-multiplier ($M = 1,0$) dengan substitusi langsung langkah demi langkah (step-by-step mathematical substitution) guna menjamin transparansi data dan akuntabilitas publik.

Top 10 Penguasa Tahta Ekstraktif VS Kerugian Publik

Berikut adalah irisan langsung (Mega-Crosstab) antara Grup Oligarki dengan data konsesi tambang, kapasitas PLTU, deforestasi, kerugian ekologis, dan jejak konflik di Sulawesi. Tabel ini diurutkan (Top 10) berdasarkan skala daya rusak (Kombinasi Luas Konsesi terbesar dan Emisi PLTU raksasa):

Tabel 7.3a

Tabel Resmi Top 10 Penguasa Tahta Ekstraktif Sulawesi

Grup Taipan / Konsorsium	Total Harta (CELIOS)	Afiliasi Blok (Sulawesi)	Luas Konsesi (Aktual)	Status Deforestasi Lindung	Emisi PLTU Captive	Estimasi Rugi Ekologis	Dampak Sosial & Konflik
#1 PT Vale Indonesia (MIND ID & Konsorsium)	Rp 259,2 T ▲ Aset MIND ID 2023	Blok Sorowako, Bahodopi, Pomalaa	118.017 Ha Terbesar di Dataset	Monopoli & deforestasi kronis Pegunungan Verbeek	0 MW (Suplai PLTA Sorowako) Greenwashing: Emisi metana bendungan & ancaman batu bara blok baru	> Rp 40,0 Triliun Kumulatif kerusakan danau	460+ Jiwa Terdampak Perampasan wilayah adat To Karunsi'e
#2 Tsingshan Holding (Xiang Guangda)	Rp 163,0 T ▲ Raja Nikel Dunia	Bintang-delapan, Eternal (IMIP)	20.765 Ha PT Bintang-delapan Mineral	Deforestasi masif hutan pesisir & reklamasi	4.030 MW ≈ 28,2 Juta Ton CO ₂ /thn	> Rp 40,0 Triliun Pencemaran udara & laut	Puluhan Pekerja Tewas Tragedi Ledakan Tungku ITSS
#3 Jiangsu Delong Nickel (Tony Zhou Yuan)	Rp 45,0 T ▲ Nilai Investasi VDNi/OSS	PT VDNi, OSS (Konawe), GNI (Morut)	2.253 Ha Kawasan Industri VDNIP Morosi	Perusakan DAS Laronai & bentang alam Morosi	5.175 MW ≈ 36,2 Juta Ton CO ₂ /thn	> Rp 20,0 Triliun Pemicu banjir bandang rutin	2 Pekerja Tewas Bentrokan sipil maut GNI (2023)
#4 Boy Thohir & Edwin S. (Adaro/Saratoga)	Rp 64,1 T ▲ Terkaya #17	PT Sulawesi Cahaya Mineral (SCM)	21.100 Ha Dataset Luas Nikel	Sinyal hilangnya hutan primer tinggi (GFW)	Disuplai Listrik PLN Data konsumsi MW dirahasiakan (Undisclosed) Memicu emisi batu bara negara	> Rp 15,0 Triliun Fungsi serapan karbon hilang	Konflik Tenurial Laten Deforestasi blok Routa
#5 Salim Group (Anthony Salim)	Rp 160,0 T ▲ Terkaya #5	Citra Palu Minerals, Gorontalo Min.	110.175 Ha Gabungan 2 PT di Dataset	Tumpang tindih dengan Taman Hutan Raya (Tahura)	Tambang Emas (Non-Smelter) Daya rusak bertumpu pada deforestasi masif	> Rp 8,0 Triliun Ancaman cemaran air tanah	Konflik PETI Poboya Penertiban paksa penambang rakyat

Grup Taipan / Konsorsium	Total Harta (CELIOS)	Afiliasi Blok (Sulawesi)	Luas Konsesi (Aktual)	Status Deforestasi Lindung	Emisi PLTU Captive	Estimasi Rugi Ekologis	Dampak Sosial & Konflik
#6 Zhenshi Holding (Zhang Yuqiang)	Rp 40,0 T ▲ Estimasi Forbes	Zhenshi Holding Group Co Ltd	4.000 Ha Integrasi Kawasan IMIP	Mengubah kawasan hijau pesisir menjadi beton	450 MW ≈ 3,1 Juta Ton CO ₂ /thn	> Rp 5,0 Triliun Limbah slag nikel padat	Krisis Ruang Hidup Desa lingkar tambang Morowali
#7 J Resources (Jimmy Budiarto)	Rp 7,5 T ▲ Market Cap (PSAB)	J Resources Bolaang Mongondow	38.150 Ha Dataset Luas Nikel/Mineral	Eksplorasi lanskap Pegunungan Bolmong	Tambang Emas (Non-Smelter) Risiko tinggi tailing beracun	> Rp 5,0 Triliun Ancaman tailing emas	Potensi Pencemaran Masyarakat lingkar tambang
#8 Rajawali Group (Peter Sondakh)	Rp 32,5 T ▲ Terkaya #22	Tambang Tondano Nusajaya (Archi)	30.848 Ha Dataset Luas Mineral	Berkurangnya resapan air di Minahasa	Tambang Emas (Non-Smelter) Daya rusak pada hidrologi hutan	> Rp 4,5 Triliun Beban hidrologis	Banjir & Longsor Aktivitas tambang di Sulawesi Utara
#9 Harita Group (Lim Hariyanto W.S.)	Rp 108,0 T ▲ Terkaya #9	PT Gema Kreasi Perdana (Wawonii)	~1.000 Ha Konsesi Pulau Kecil	Menabrak regulasi larangan tambang pulau kecil	Ekspor Bijih Mentah PLTU >1.100 MW terpusat di P. Obi (Maluku)	> Rp 1,5 Triliun Hancurnya tangkapan air	37.000 Jiwa Terdampak Kriminalisasi warga penolak tambang
#10 Kalla Group (Keluarga Jusuf Kalla)	Rp 900,8 M ▲ Data LHKPN 2018	PT Bumi Mineral Sulawesi (BMS)	141 Ha Kawasan Smelter Bua (Luwu)	Reklamasi pesisir & degradasi mangrove Teluk Bone	0 MW (Suplai PLTA Poso & /Malea) Greenwashing: Emisi metana bendungan & perubahan hidrologis sungai	> Rp 176 Miliar Kerusakan pesisir & tangkapan nelayan	Konflik Nelayan Bua Kerusakan wilayah tangkap & sengketa lahan pesisir

Landasan Hukum, Regulasi, & Parameter Baku

Formula Induk Valuasi: Formula matematis valuasi kerugian ekologis CELIOS dirumuskan secara tunggal tanpa faktor pengali zonasi subjektif (Multiplier = 1,0):

FORMULA BAKU PROKSI MAKRO CELIOS (NON-MULTIPLIER M = 1,0):

Total Rugi Ekologis = (Luas Konsesi × Tarif Lahan Baku) + (Emisi PLTU × Tarif Karbon)
dimana:

- Tarif Lahan Baku = Rp 339.000.000 / Ha (9 Komponen CKE_g PermenLH 7/2014 Rp 110,275 Jt/Ha dieskalasi inflasi IHK BPS 1999–2026 sebesar 3,074x)
- Faktor Emisi PLTU = 7.000 Ton CO₂ / MW / Tahun (standar baseload 80% Global Energy Monitor & IPCC 2006)
- Tarif Karbon Baku = Rp 530.000 / Ton CO₂ (tolok ukur mitigasi IMF untuk Indonesia & carbon price floor negara berkembang ~USD 35/Ton)

Simulasi Perhitungan Matematis Per Entitas Korporasi (Langkah Demi Langkah)

#1	PT Vale Indonesia (MIND ID & Konsorsium)	Luas Konsesi Lahan 118.017 Ha Kapasitas PLTU Batubara 0 MW (Disuplai 100% oleh PLTA Larona 165 MW, Balambano 110 MW, Karebbe 90 MW)	Biaya Kerusakan Lahan = 118.017 Ha × Rp 339.000.000 / Ha = Rp 40.007.763.000.000 Biaya Kerusakan Emisi Karbon = 0 Ton × Rp 530.000 = Rp 0 Total Rugi Ekologis = Rp 40.007.763.000.000 → > Rp 40,0 Triliun
-----------	--	---	---

#2	Salim Group (PT Citra Palu Minerals & PT Gorontalo Minerals)	Luas Konsesi Lahan 110.175 Ha (CPM 85.180 Ha + Gorontalo Minerals 24.995 Ha) Kapasitas PLTU Batubara 0 MW (Tambang Emas Kontrak Karya Non-Smelter)	Biaya Kerusakan Lahan = 110.175 Ha × Rp 339.000.000 / Ha = Rp 37.349.325.000.000 Biaya Kerusakan Emisi Karbon = 0 Ton × Rp 530.000 = Rp 0 Total Rugi Ekologis = Rp 37.349.325.000.000 → > Rp 37,3 Triliun
#3	Tsingshan Holding (PT Bintangdelapan Mineral / IMIP)	Luas Konsesi Lahan 20.765 Ha (IUP Tambang Pemasok Utama Kawasan IMIP) Kapasitas PLTU Batubara 4.030 MW Captive (13 Unit Pembangkit Batubara IMIP Morowali) → Emisi: 28.210.000 Ton CO₂/thn)	Biaya Kerusakan Lahan = 20.765 Ha × Rp 339.000.000 / Ha = Rp 7.039.335.000.000 Biaya Kerusakan Emisi Karbon = 28.210.000 Ton × Rp 530.000 = Rp 14.951.300.000.000 Total Rugi Ekologis = Rp 7.039.335.000.000 + Rp 14.951.300.000.000 = Rp 21.990.635.000.000 → > Rp 22,0 Triliun
#4	Jiangsu Delong Nickel (PT VDNI & PT OSS / Kawasan Morosi)	Luas Konsesi Lahan 2.253 Ha (Penetapan PSN Kawasan Industri Konawe Perpres 109/2020) Kapasitas PLTU Batubara 5.175 MW Captive (25 Unit Pembangkit Batubara Morosi & Morut) → Emisi: 36.225.000 Ton CO₂/thn	Biaya Kerusakan Lahan = 2.253 Ha × Rp 339.000.000 / Ha = Rp 763.767.000.000 Biaya Kerusakan Emisi Karbon = 36.225.000 Ton × Rp 530.000 = Rp 19.199.250.000.000 Total Rugi Ekologis = Rp 763.767.000.000 + Rp 19.199.250.000.000 = Rp 19.963.017.000.000 → > Rp 20,0 Triliun
#5	J Resources (PT J Resources Bolaang Mongondow)	Luas Konsesi Lahan 38.150 Ha (Kontrak Karya Tambang Emas Pegunungan Bolmong) Kapasitas PLTU Batubara 0 MW (Tambang Emas Non-Smelter, Heap Leach)	Biaya Kerusakan Lahan = 38.150 Ha × Rp 339.000.000 / Ha = Rp 12.932.850.000.000 Biaya Kerusakan Emisi Karbon = 0 Ton × Rp 530.000 = Rp 0 Total Rugi Ekologis = Rp 12.932.850.000.000 → > Rp 12,9 Triliun
#6	Rajawali Group (PT Tambang Tondano Nusajaya & PT MSM / Archi)	Luas Konsesi Lahan 30.848 Ha (Kontrak Karya Tambang Emas Toka Tindung Minahasa) Kapasitas PLTU Batubara 0 MW (Tambang Emas Non-Smelter)	Biaya Kerusakan Lahan = 30.848 Ha × Rp 339.000.000 / Ha = Rp 10.457.472.000.000 Biaya Kerusakan Emisi Karbon = 0 Ton × Rp 530.000 = Rp 0 Total Rugi Ekologis = Rp 10.457.472.000.000 → > Rp 10,5 Triliun
#7	Boy Thohir & Edwin Soeryadjaya (PT Sulawesi Cahaya Mineral / Merdeka)	Luas Konsesi Lahan 21.100 Ha (IUP Tambang Nikel Blok Rوتا, Konawe) Kapasitas PLTU Batubara 0 MW Captive (Disuplai Interkoneksi Transmisi PLN Grid)	Biaya Kerusakan Lahan = 21.100 Ha × Rp 339.000.000 / Ha = Rp 7.152.900.000.000 Biaya Kerusakan Emisi Karbon = 0 Ton × Rp 530.000 = Rp 0 Total Rugi Ekologis = Rp 7.152.900.000.000 → > Rp 7,2 Triliun

#8	Zhenshi Holding (PT Baoshuo / BTIIG – IHIP Morowali)	Luas Konsesi Lahan 110.175 Ha (CPM 85.180 Ha + Gorontalo Minerals 24.995 Ha) Kapasitas PLTU Batubara 0 MW (Tambang Emas Kontrak Karya Non-Smelter)	Biaya Kerusakan Lahan $= 110.175 \text{ Ha} \times \text{Rp } 339.000.000 / \text{Ha}$ $= \text{Rp } 37.349.325.000.000$ Biaya Kerusakan Emisi Karbon $= 0 \text{ Ton} \times \text{Rp } 530.000 = \text{Rp } 0$ Total Rugi Ekologis $= \text{Rp } 37.349.325.000.000$ $\rightarrow > \text{Rp } 37,3 \text{ Triliun}$
#9	Harita Group (PT Gema Kreasi Perdana / Wawonii)	Luas Konsesi Lahan ~ 1.000 Ha (Konsesi Efektif Buka Tambang Pulau Kecil Wawonii) Kapasitas PLTU Batubara 0 MW Captive di Sulawesi (Fasilitas Tambang Bijih; PLTU Captive Terpusat di P. Obi)	Biaya Kerusakan Lahan $= 1.000 \text{ Ha} \times \text{Rp } 339.000.000 / \text{Ha}$ $= \text{Rp } 339.000.000.000$ Biaya Kerusakan Emisi Karbon $= 0 \text{ Ton} \times \text{Rp } 530.000 = \text{Rp } 0$ Total Rugi Ekologis $= \text{Rp } 339.000.000.000$ $\rightarrow > \text{Rp } 339 \text{ Miliar}$
#10	Kalla Group (PT Bumi Mineral Sulawesi – BMS)	Luas Konsesi Lahan 141 Ha (Lahan Tapak Kawasan Smelter Bua, Luwu) Kapasitas PLTU Batubara 0 MW (Disuplai 100% oleh PLTA Poso Energy 515 MW & PLTA Malea 90 MW)	Biaya Kerusakan Lahan $= 141 \text{ Ha} \times \text{Rp } 339.000.000 / \text{Ha}$ $= \text{Rp } 47.799.000.000$ Biaya Kerusakan Emisi Karbon $= 0 \text{ Ton} \times \text{Rp } 530.000 = \text{Rp } 0$ Total Rugi Ekologis $= \text{Rp } 47.799.000.000$ $\rightarrow > \text{Rp } 47,8 \text{ Miliar}$

Tabel Rekapitulasi & Total Agregat Seluruh PT

Tabel rekapitulasi matematis komparatif 10 grup korporasi ekstraktif di Pulau Sulawesi berdasarkan model proksi makro baku non-multiplier ($M = 1,0$):

Tabel 7.3b

Tabel Rekapitulasi & Total Agregat Seluruh PT

No	Grup Korporasi	Tokoh / Afiliasi	Luas Konsesi (Ha)	PLTU Captive (MW)	Emisi Tahunan (Ton CO ₂)	Biaya Lahan (Juta Rp)	Biaya Emisi (Juta Rp)	Total Rugi Ekologis (Juta Rp)	Skala Publikasi
1	PT Vale Indonesia	MIND ID & Konsorsium	118.017	0	0	40.007.763	0	40.007.763	> Rp 40,0 Triliun
2	Salim Group	Anthony Salim (BRMS)	110.175	0	0	37.349.325	0	37.349.325	> Rp 37,3 Triliun
3	Tsingshan Holding	Xiang Guangda (IMIP)	20.765	4.030	28.210.000	7.039.335	14.951.300	21.990.635	> Rp 22,0 Triliun
4	Jiangsu Delong	Tony Zhou Yuan (VDNIP)	2.253	5.175	36.225.000	763.767	19.199.250	19.963.017	> Rp 20,0 Triliun
5	J Resources	Jimmy Budiarto (PSAB)	38.150	0	0	12.932.850	0	12.932.850	> Rp 12,9 Triliun
6	Rajawali Group	Peter Sondakh (Archi)	30.848	0	0	10.457.472	0	10.457.472	> Rp 10,5 Triliun
7	Boy Thohir & Edwin S.	Adaro / Saratoga / MDKA	21.100	0	0	7.152.900	0	7.152.900	> Rp 7,2 Triliun

No	Grup Korporasi	Tokoh / Afiliasi	Luas Konsesi (Ha)	PLTU Captive (MW)	Emisi Tahunan (Ton CO ₂)	Biaya Lahan (Juta Rp)	Biaya Emisi (Juta Rp)	Total Rugi Ekologis (Juta Rp)	Skala Publikasi
8	Zhenshi Holding	Zhang Yuqiang (BTIG)	4.000	450	3.150.000	1.356.000	1.669.500	3.025.500	> Rp 3,0 Triliun
9	Harita Group	Lim Hariyanto W.S.	1.000	0	0	339.000	0	339.000	> Rp 339 Miliar
10	Kalla Group	Keluarga Jusuf Kalla	141	0	0	47.799	0	47.799	> Rp 47,8 Miliar
Akumulasi Top 10		Konsorsium Ekstraktif	346.449	9.655	67.585.000	117.446.211	35.820.050	153.266.261	> Rp 153,27 Triliun

ANALISIS SENSITIVITAS SKENARIO PEMBANDING KONSERVATIF (RP 200 JUTA / HA):

Jika model diuji dengan skenario tarif dasar minimum konservatif nasional sebesar Rp 200 Juta / Ha (tanpa komponen eskalasi inflasi IHK penuh):

- Total Biaya Kerusakan Lahan: 346.449 Ha × Rp 200.000.000 = Rp 69,29 Triliun
- Total Biaya Kerusakan Emisi Karbon: Rp 35,82 Triliun
- Total Nilai Skenario Konservatif Minimum: Rp 105,11 Triliun

Temuan ini membuktikan bahwa bahkan pada asumsi paling minimal sekalipun, total eksternalitas kerugian lingkungan dari 10 grup ekstraktif ini tetap melampaui angka Rp 100 Triliun.

Catatan Metodologis & Batasan Model

CATATAN METODOLOGIS & BATASAN MODEL PROKSI MAKRO:

1. Pendekatan Proksi Makro Non-Multiplier (M = 1,0): Perhitungan dalam dokumen ini murni mengalikan luas konsesi administratif dan kawasan industri dengan tarif baku PermenLH No. 7 Tahun 2014 (Rp 339 Juta/Ha) dan emisi cerobong PLTU batubara dengan tarif karbon IMF (Rp 530 Ribu/Ton) tanpa menerapkan bobot pengali zonasi bentang alam. Pendekatan ini berfungsi sebagai indikator makro penguasaan ruang publik.
2. Karakter Estimasi Batas Bawah (Conservative Lower-Bound Floor): Angka agregat > Rp 153,27 Triliun merupakan estimasi batas bawah yang defensible secara akademis dan hukum karena:
 - Hanya menghitung pilar kerusakan biofisik ekologis (CKE_g 9 komponen), tanpa menagih deplesi nilai bahan tambang mineral yang dikeruk (CNE), hilangnya umur pakai lahan (CUPL), maupun biaya rekayasa fisik pembuatan waduk reservoir (CR).
 - Menghormati fakta riil entitas yang menggunakan energi hidro/PLTA (seperti PT Vale Indonesia dan Kalla Group PT BMS) sehingga tidak dibebani emisi batubara (beban emisi dihitung tepat Rp 0).
 - Belum memperhitungkan biaya morbiditas kesehatan publik (kematian dini dan ISPA akibat emisi SO₂ dan PM_{2.5}) serta kerusakan perikanan tangkap pesisir laut di sekitar tapak smelter.

📷 | Dokumentasi CELIOS, 2026

KEGAGALAN TATA KELOLA D3TLH DALAM SISTEM PERIZINAN

Analisis kronologis penerbitan izin pertambangan di Semenanjung Sulawesi menunjukkan pola yang mengarah pada praktik regulatory capture. Keputusan perizinan tetap berlangsung ketika berbagai indikator menunjukkan meningkatnya tekanan ekologis. Dalam kondisi demikian, Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Hidup (D3TLH) tidak lagi berfungsi sebagai instrumen pembatas pemanfaatan ruang (regulatory red line), melainkan lebih banyak berperan sebagai persyaratan administratif yang melegitimasi ekspansi pertambangan dan pembangunan PLTU captive.

8.1 Analisis Kepatuhan D3TLH Berdasarkan Data Historis

Audit kepatuhan kebijakan menyandingkan data deforestasi tahunan satelit Global Forest Watch (GFW) dengan riwayat penerbitan izin pertambangan MODI Kementerian ESDM kurun 2014–2024. Melalui kategorisasi berbasis aturan (Rule-based Categorization), ambang batas deforestasi tahunan dipartisi ke dalam tiga kuantil daya dukung: Aman ($P33 \leq 12.898$ Ha), Tertekan (12.898–26.453 Ha), dan Kritis ($P66 > 26.453$ Ha). Pembuktian empiris menunjukkan anomali perizinan yang masif: pada fase ketika daya dukung hutan dinyatakan berstatus Kritis, pemerintah justru mencetak 277 IUP baru dengan penguasaan konsesi mencapai 440.998 hektare—membuktikan bahwa batas kapasitas lingkungan diabaikan secara struktural dalam keputusan perizinan.

Matriks Formulasi Evaluasi Kepatuhan D3TLH (Ecological Threshold Violation):

1. Penentuan Ambang Batas (Binning Persentil): P33 = 12.898 Ha/Thn | P66 = 26.453 Ha/Thn
2. Status Daya Dukung: 'Aman' (≤ 12.898 Ha) | 'Tertekan' (12.898–26.453 Ha) | 'Kritis' (> 26.453 Ha)
3. Kuantifikasi Pelanggaran Tata Kelola: Total IUP Kritis = 277 Izin Baru (440.998 Ha konsesi)
Tingkat Pelanggaran Regulasi = $(277 \text{ IUP Kritis} / 380 \text{ Total IUP Terklasifikasi}) \times 100\%$
= 72,89%

Tabel 8.1

Matriks Kepatuhan D3TLH — Seharusnya vs Kenyataan Penerbitan Izin

Status Daya Dukung	Deforestasi Tahunan	N Obs	Aturan Seharusnya	Kenyataan di Lapangan	Luas Konsesi (Ha)	Kesimpulan Tata Kelola
Aman	≤ 12.898 Ha	20	Wajar diterbitkan izin	26 Izin Baru Keluar	87.070 Ha	Normal (Sesuai Aturan)
Tertekan	12.898 – 26.453 Ha	19	Izin mulai dibatasi ketat	77 Izin Baru Keluar	107.377 Ha	Anomali (Lampu Kuning)
Kritis	> 26.453 Ha	21	Moratorium Total / Larangan Izin	277 Izin Baru Keluar	440.998 Ha	PELANGGARAN STRUKTURAL

Sumber: Dokumen D3TLH, Ditjen Minerba ESDMRI (MODI), dan Global Forest Watch (GFW) (diolah CELIOS, 2026). Pendekatan Ecological Threshold Violation Analysis.

Klaim bahwa penerbitan IUP telah sesuai dengan ketentuan hukum tidak dapat dilepaskan dari efektivitas D3TLH sebagai instrumen pengendalian. Apabila D3TLH benar-benar dijadikan dasar pengambilan keputusan, ekspansi izin semestinya dibatasi ketika suatu wilayah telah mengalami tekanan ekologis yang berat. Namun, data di Semenanjung Sulawesi menunjukkan kecenderungan sebaliknya: jumlah izin baru justru memuncak pada saat deforestasi mencapai tingkat tertinggi. Fakta bahwa perizinan konsesi terbit di zona-zona merah ini membuktikan bahwa instrumen AMDAL dan KLHS telah direduksi menjadi sekadar stempel administratif formalitas belaka.

8.2 Impunitas dan Pembiaran Konflik Struktural di Sektor Ekstraktif

Eskalasi konflik tenurial diidentifikasi sebagai indikator empiris terlampauinya batas daya dukung sosial akibat ekspansi ruang industri ekstraktif. Melalui agregasi pelaporan berbasis insiden (Incident-based Reporting Aggregation) dan pengkodean tematik (Thematic Coding) terhadap basis data advokasi koalisi masyarakat sipil (CATAHU KPA, JATAM, dan Tanahkita.id), riset ini mendokumentasikan 32 kasus impunitas penegakan hukum di Pulau Sulawesi kurun 2014–2024. Sektor pertambangan nikel dan batuan menjadi penyumbang

konflik terbesar dengan 11 kasus (34,4%), disusul perkebunan monokultur sawit 6 kasus (18,8%), di mana perampasan ruang hidup masyarakat adat dan petani lokal dibiarkan tanpa penegakan sanksi administratif maupun pidana lingkungan oleh aparaturnegara.

Matriks Kuantifikasi Impunitas Hukum dan Pembiaran Kasus Tenurial (Judicial Impunity Mapping):

1. Formulasi Proporsi Sektoral: $\text{Proporsi_Sektor_i} = (\text{Jumlah_Kasus_Sektor_i} / \text{Total_Kasus_Terdata}) \times 100\%$
Sektor Tambang = $(11 / 32) \times 100\% = 34,38\%$ | Sektor Sawit = $(6 / 32) \times 100\% = 18,75\%$
Sektor Kehutanan = $(10 / 32) \times 100\% = 31,25\%$ | Sektor Infrastruktur/Kawasan = $(5 / 32) \times 100\% = 15,62\%$

2. Konsentrasi Episentrum Wilayah: Sultra = 8 Kasus (25,0%) | Sulsel = 7 Kasus (21,9%) | Sulteng = 6 Kasus (18,8%)

Tabel 8.2

Sebaran Sektor Kasus Pembiaran dan Impunitas Penegakan Hukum di Sulawesi

No	Sektor Penyebab Konflik	Jumlah Kasus	Porsi (%)	Wilayah Terdampak Utama
1	Pertambangan (Nikel & Batuan)	11 Kasus	34,4%	Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan
2	Perkebunan Kelapa Sawit	6 Kasus	18,8%	Sulawesi Barat, Sulawesi Tengah, Gorontalo
3	Perambahan Hutan Lindung	5 Kasus	15,6%	Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Utara
4	Hutan Produksi & Konservasi	5 Kasus	15,6%	Gorontalo, Sulawesi Selatan
5	Infrastruktur & Kawasan Industri	5 Kasus	15,6%	Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan
TOTAL KESELURUHAN		32 Kasus	100,0%	Pulau Sulawesi (6 Provinsi)

Sumber: Basis data advokasi hukum Konsorsium Pembaruan Agraria (CATAHU KPA), JATAM, dan Tanahkita.id (diolah CELIOS, 2026). Pendekatan Judicial Impunity Mapping.

Persoalan tersebut diperparah oleh lemahnya penegakan hukum terhadap pelanggaran perizinan dan konflik tenurial. Dalam sejumlah kasus, perusahaan tetap beroperasi meskipun menghadapi sengketa lahan atau dugaan pelanggaran terhadap hak asasi masyarakat. Sebaliknya, masyarakat yang mempertahankan ruang hidupnya justru menghadapi kriminalisasi, intimidasi, atau penggunaan aparat keamanan. Ketika izin tetap diterbitkan pada wilayah yang mengalami tekanan ekologis dan konflik sosial berulang, fungsi D3TLH sebagai instrumen pencegahan lumpuh total, menjadikan kantong ekstraktif sebagai sacrifice zones yang terus-menerus menanggung beban kerusakan demi pemenuhan agenda industri.

8.3 Hilirisasi dan Karpas Merah untuk PLTU Batubara Captive

Paradoks klaim transisi energi dan hilirisasi hijau dibuktikan secara kuantitatif melalui audit inventarisasi aset (Asset-level Inventory) terhadap data Global Coal Plant Tracker (Global Energy Monitor, Januari 2026). Di balik promosi nikel sebagai bahan baku baterai kendaraan listrik global, pemenuhan pasokan listrik pabrik pemurnian (smelter) di Semenanjung Sulawesi justru mengandalkan 67 unit PLTU batubara captive off-grid dengan akumulasi kapasitas kotor mencapai 12.245 MW. Sebanyak 55 unit berkapasitas 9.825 MW telah beroperasi aktif dan terkonsentrasi ekstrem di Sulawesi Tengah (76,5%) dan Sulawesi Tenggara (18,6%)—mengunci kawasan industri nikel ke dalam jebakan karbon (carbon lock-in) jangka panjang serta melepaskan jutaan ton polutan SO₂, NO_x, dan PM_{2.5} ke atmosfer permukiman warga.

Matriks Kuantifikasi Kapasitas PLTU Captive Kawasan Industri:

1. Agregasi Kapasitas Kotor: Sulteng = 44 Unit (9.365 MW / 76,48%) | Sultra = 13 Unit (2.280 MW / 18,62%)
Sulsel = 10 Unit (600 MW / 4,90%) | Total Kapasitas Sulawesi = 67 Unit = 12.245 MW (100,0%)
2. Status Operasional: Operating (Aktif) = 55 Unit (9.825 MW / 80,24%) |
Konstruksi/Rencana = 12 Unit (2.420 MW / 19,76%)

Tabel 8.3

Profil Kapasitas dan Distribusi Spasial PLTU Captive di Kawasan Industri Sulawesi

Wilayah Provinsi	Jumlah Unit	Kapasitas Terpasang (MW)	Pangsa Daya (%)	Status Dominan	Kawasan Sentra Industri
Sulawesi Tengah	44 Unit	9.365 MW	76,5%	38 Unit Operating (8.325 MW)	Kawasan Industri Morowali (IMIP)
Sulawesi Tenggara	13 Unit	2.280 MW	18,6%	11 Unit Operating (1.200 MW)	Kawasan Industri Konawe (VDNI/OSS)
Sulawesi Selatan	10 Unit	600 MW	4,9%	6 Unit Operating (300 MW)	Kawasan Industri Bantaeng (Huadi)
TOTAL SULAWESI	67 Unit	12.245 MW	100,0%	55 Unit Operating (9.825 MW)	Sentra Smelter Nikel Sulawesi

Sumber: Global Coal Plant Tracker (Global Energy Monitor, ekstraksi Januari 2026) (diolah CELIOS, 2026). Analisis menggunakan pendekatan Carbon Lock-in Trajectory Analysis.

Konfigurasi tersebut memperlihatkan adanya ketidaksesuaian fundamental antara agenda hilirisasi dan komitmen penurunan emisi gas rumah kaca nasional. Berbeda dengan pembangkit yang terhubung ke jaringan publik PLN, PLTU captive industri dibangun khusus secara privat dan hingga kini belum terintegrasi ke dalam agenda penghentian dini batubara (coal phase-out). Akibatnya,

ekspansi pemurnian nikel berlangsung secara simetris dengan pelipatgandaan pelepasan emisi karbon dan degradasi kualitas udara ambien. Dalam perspektif tata kelola iklim, fenomena ini membuktikan bahwa narasi hilirisasi berkelanjutan masih menyisakan jurang pemisah yang lebar antara retorika kebijakan dengan fakta eksploitasi energi fosil di tingkat tapak.

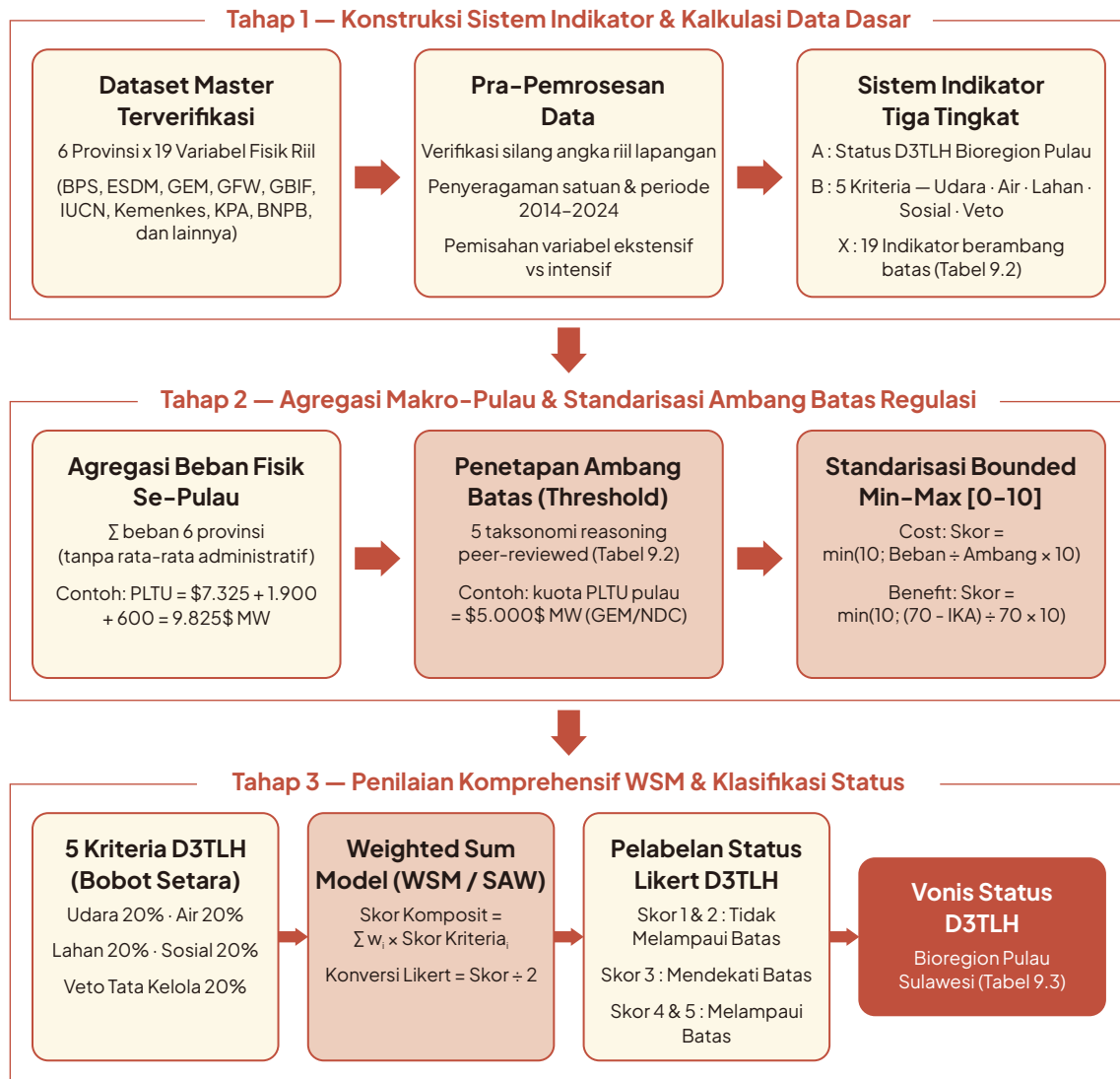


📷 | Dokumentasi CELIOS, 2026

SANGGAHAN METODOLOGI D3TLH: APA YANG DIUKUR DAN APA YANG HILANG?

9.1 Kerangka Kerja Riset Metode Skoring D3TLH Makro–Pulau

Kerangka kerja riset (research framework) metode skoring D3TLH makro–pulau tersusun atas tiga tahap terstruktur yang diadaptasi dari kerangka asesmen land carrying capacity berbasis MCDA: (1) konstruksi sistem indikator tiga tingkat — status bioregion pulau, 5 kriteria D3TLH (udara, air, lahan, sosial, dan veto tata kelola), serta 19 indikator berambang batas; (2) agregasi beban fisik se–pulau melalui penjumlahan riil 6 provinsi (tanpa rata–rata administratif yang mengencerkan beban), dilanjutkan standardisasi bounded min–max terhadap ambang baku mutu regulasi; dan (3) penilaian komprehensif Weighted Sum Model (WSM/SAW) berbobot setara 20% per kriteria hingga pelabelan tiga status Likert resmi D3TLH (Tidak Melampaui Batas, Mendekati Batas, dan Melampaui Batas). Bagan Alur 9.1 memvisualisasikan keseluruhan kerangka tersebut.



Sumber: Diadaptasi dari kerangka riset asesmen land carrying capacity berbasis MCDA (PLOS ONE, doi:10.1371/journal.pone.0330461); algoritma Bounded Min-Max Threshold & Weighted Sum Model (diolah CELIOS, 2026).

Arsitektur pemodelan dijalankan secara dual-skala: Model Makro–Pulau berbasis Baseline Threshold & Mass Conservation menguji totalitas beban terhadap kapasitas biosfer absolut Wallacea (Sub-bab 9.3), sementara Model Meso–Provinsi berbasis Z-Score & Shannon Entropy Weight Method (EWM) memetakan ketimpangan spasial dan mengidentifikasi lokus krisis antar-yurisdiksi otonom.

9.2 Kerangka Indikator Asesmen dan 5 Taksonomi Reasoning Ambang Batas D3TLH

Model D3TLH CELIOS menyusun kerangka asesmen multi-kriteria yang mengintegrasikan 19 indikator operasional ke dalam 5 kriteria layer (Udara, Air, Lahan, Sosial, dan Veto Kebijakan), lengkap dengan arah atribut (nature of indicator), satuan fisik terukur, serta ambang batas (threshold) berbasis batas bioregional (Safe Operating Space per Rockström et al. 2009). Arah atribut

diklasifikasikan menjadi: (a) Atribut Cost/Beban Tekanan (-), di mana nilai yang kian tinggi merefleksikan eskalasi kerusakan biofisik atau risiko sosial (seperti kapasitas PLTU, konsentrasi emisi, laju deforestasi, atau konflik tenurial), sehingga nilai melampaui batas ambang memicu penalti krisis; serta (b) Atribut Benefit/Daya Pulih (+), di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan kualitas lingkungan prima (seperti Indeks Kualitas Air/IKA), sehingga penurunan nilai di bawah ambang batas menandai runtuhnya kapasitas asimilasi ekosistem. Guna menjamin keterujian ilmiah (scientific defensibility), seluruh ambang batas diturunkan melalui lima taksonomi teknik reasoning resmi: (1) Teknik 1: Statutory Mandate berbasis kepatuhan hukum positif tanpa kompromi (Świąder et al., 2020); (2) Teknik 2: Ecological Budgeting berbasis neraca kuota daya tampung biosfer (Han et al., 2023); (3) Teknik 3: Epidemiological Risk berbasis rasio risiko morbiditas klinis IRR > 2,0x (Endawkie et al., 2025); (4) Teknik 4: Environmental Justice berbasis keadilan distributif beban spasial (Iyanda et al., 2026); serta (5) Teknik 5: Distribution-Anchored Baseline berbasis anomali deret waktu batas ekor $\mu + 1\sigma$ (Wang et al., 2025). Matriks kerangka asesmen disajikan secara komprehensif pada Tabel 9.2.

Tabel 9.2

Matriks Kerangka Indikator Asesmen dan Ambang Batas (Threshold) D3TLH Bioregion Makro-Pulau Sulawesi (19 Indikator)

No	Kriteria Layer	Indikator Layer	Unit	Nilai Threshold Pulau	Teknik Reasoning	Paper Acuan Thresholding & DOI	Dasar Regulasi & Sumber Resmi
1a	Udara	(Udara 1a) PLTU Batubara Captive	MW	> 5.000 MW (5 GW)	Teknik 2 (Ecological Budgeting)	Han et al. (2023) https://doi.org/10.1038/s41467-023-37073-z	Global Energy Monitor (GEM 2023); PP No. 26/2025 Lampiran II
1b		(Udara 1b) Polusi NO ₂ Ambien & Satelit	mol/m ²	$6,0 \times 10^{-6}$ mol/m ² (Sat.) / 65 µg/m ³ (BMUA)	Teknik 1 (Statutory Mandate)	Świąder et al. (2020) https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.579838	PP No. 22/2021 Lampiran VII (BMUA 65 µg/m ³); Satelit Sentinel-5P TROPOMI (Copernicus AMT 2020)
2		(Udara 2) Morbiditas ISPA (Rasio IRR)	IRR	IRR > 2,0x (AF > 50%)	Teknik 3 (Epidemiological Risk)	Endawkie et al. (2025) https://doi.org/10.1038/s41598-025-88887-x	Kemenkes RI (Profil Kesehatan); WHO Environmental Health Criteria 6 (1978)
3		(Udara 3) Emisi Karbon CO ₂ (Defisit FOLU)	Jt Ton	> 150 Jt Ton CO ₂ e (Batas Kuota > 15 Jt Ton)	Teknik 2 (Ecological Budgeting)	Han et al. (2023) https://doi.org/10.1038/s41467-023-37073-z	SK MenLHK No. SK.168/MENLHK/PKTL/PLA.1/2/2022 (Renops FOLU Net Sink 2030)
4	Air	(Air 1) Kualitas Air & Toksisitas Cr ⁶⁺	Skala	IKA < 50 (Kurang) / Cr ⁶⁺ > 0,05 mg/L	Teknik 1 (Statutory Mandate)	Świąder et al. (2020) https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.579838	PermenLHK No. 27/2021 & PP No. 22/2021 Lampiran VI (Baku Mutu Air Kelas II Cr ⁶⁺ = 0,05 mg/L)

No	Kriteria Layer	Indikator Layer	Unit	Nilai Threshold Pulau	Teknik Reasoning	Paper Acuan Thresholding & DOI	Dasar Regulasi & Sumber Resmi
5	Air	(Air 2) Morbiditas Diare (Rasio IRR/KLB)	IRR	IRR > 2,0x (Prevalensi > 4% / KLB)	Teknik 3 (Epidemiological Risk)	Endawkie et al. (2025) https://doi.org/10.1038/s41598-025-88887-x	Profil Kesehatan Kemenkes 2023 (Baseline 2%); Permenkes No. 1501/2010 Pasal 6 (KLB); WHO EHC 6
6		(Air 3) Konflik Pesisir & Ruang Laut	Kasus	> 15 Konflik (Batas Spasial Lanskap)	Teknik 4 (Environmental Justice)	Iyanda et al. (2026) https://doi.org/10.1186/s12889-026-27306-3	CATAHU KPA 2023; UU No. 27/2007 jo. UU No. 1/2014 (Pengelolaan Pesisir & Pulau Kecil)
7		(Air 4) Timbunan Tailing HPAL (DSTP)	Jt Ton/Th	> 25 Juta Ton / Tahun (Batas Desain)	Teknik 2 (Ecological Budgeting)	Han et al. (2023) https://doi.org/10.1038/s41467-023-37073-z	Laporan AEER & JATAM 2020 (AMDAL PT HPI IMIP); PermenLHK No. 6/2021 Pasal 198-213
8	Lahan	(Lahan 1) Kerawanan Bencana Ekologis	Kejadian	> 877 Kejadian/Thn (Upper Outlier $\mu+1\sigma$)	Teknik 5 (Distribution-Anchored)	Wang et al. (2025) https://doi.org/10.1038/s41598-025-25564-6	Portal DIBI BNPB 2014-2024 (Baseline Historis $\mu = 778$, $\sigma = 99$); Wang et al. (2025 Loaded State)
9		(Lahan 2) Deforestasi Tahunan (FOLU)	Hektar	> 57.000 Ha/Thn (Nas.) / > 5.700 Ha (Pulau)	Teknik 2 (Ecological Budgeting)	Han et al. (2023) https://doi.org/10.1038/s41467-023-37073-z	SK MenLHK No. 168/2022 (Renops FOLU Net Sink 2030 Kuota 1,7 Jt Ha); Global Forest Watch
10		(Lahan 3) Tambang Hutan Lindung	Hektar	0 Hektar (Nol Toleransi Hukum Mutlak)	Teknik 1 (Statutory Mandate)	Świąder et al. (2020) https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.579838	UU No. 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan (Pasal 38 Ayat 4 jo. Pasal 78 Ayat 6 larangan tambang terbuka)
11		(Lahan 4) Dominasi Ekstraktif (Driver GFW)	Hektar	> 500.000 Ha / Dekade (Episentrum)	Teknik 2 (Ecological Budgeting)	Han et al. (2023) https://doi.org/10.1038/s41467-023-37073-z	Global Forest Watch Tree Cover Loss by Dominant Driver (Curtis et al., 2018, Science); Data Konsesi ESDM
12		(Lahan 5) Kepadatan Spasial Konsesi IUP	% Luas	> 10% Luas Daratan Administratif	Teknik 4 (Environmental Justice)	Wang et al. (2025) https://doi.org/10.1038/s41598-025-25564-6	UU No. 3 Tahun 2020 tentang Minerba (Pasal 113 Ayat 1 huruf c jo. Pasal 114); BPS & MOMI ESDM

No	Kriteria Layer	Indikator Layer	Unit	Nilai Threshold Pulau	Teknik Reasoning	Paper Acuan Thresholding & DOI	Dasar Regulasi & Sumber Resmi
13	Sosial	(Sosial 1) Pelanggaran FPIC (Hak Adat)	Kasus	≥ 3 Kasus (Zero Tolerance Red Flag)	Teknik 1 (Statutory Mandate)	Świąder et al. (2020) https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.579838	The Equator Principles IV (EP4 2020); IFC Performance Standard 7; UU 32/2009 jo. PP 22/2021
14		(Sosial 2) Jiwa Terdampak Konflik Agraria	Jiwa	> 40.000 Jiwa (Ambang Kemanusiaan)	Teknik 4 (Environmental Justice)	Iyanda et al. (2026) https://doi.org/10.1186/s12889-026-27306-3	CATAHU KPA 2023 (542.432 Jiwa Nas.); Database TanahKita.id KPA
15		(Sosial 3) Kriminalisasi Pembela HAM	Insiden	> 10 Insiden / 1 Dekade (Outlier $\mu+1\sigma$)	Teknik 4 (Environmental Justice)	Iyanda et al. (2026) https://doi.org/10.1186/s12889-026-27306-3	Laporan Satya Bumi & Protection Int. 2023; Auriga Nusantara SLAPP DB; UU 32/2009 Pasal 66
16		(Sosial 4) Defisit Faskes Standar SPA	% Gap	Gap Target SPA ≥ 80% (Krisis < 35%)	Teknik 1 (Statutory Mandate)	Świąder et al. (2020) https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.579838	Permenkes No. 6 Tahun 2024 tentang SPM Kesehatan (Pasal 1–3); Perpres RPJMN 2025–2029; ASPAK Kemenkes
17	Veto	(Veto 1) Obral IUP Baru di Zona Kritis	IUP	> 100 IUP Baru (Paradoks Otorisasi)	Teknik 1 (Statutory Mandate)	Świąder et al. (2020) https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.579838	LKj Ditjen Minerba ESDM 2024; UU 3/2020 jo. UU 32/2009 Pasal 12 & 14
18		(Veto 2) Pemutihan Tambang & Sawit Ilegal	Unit	> 10 Korporasi (Impunity Tolerance)	Teknik 1 (Statutory Mandate)	Świąder et al. (2020) https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.579838	UU No. 6/2023 Cipta Kerja (Pasal 110A & 110B UU Kehutanan); PP 24/2021; SK MenLHK SK.359/2021; CATAHU KPA
19		(Veto 3) Kapasitas PLTU Captive Ekspansi	MW	> 5.000 MW (5 GW) (Climate Hypocrisy)	Teknik 2 (Ecological Budgeting)	Han et al. (2023) https://doi.org/10.1038/s41467-023-37073-z	Perpres No. 112 Tahun 2022 (Pasal 3 Ayat 4 huruf b); Global Energy Monitor (GEM 2023)

Sumber: Kompilasi Rujukan Ilmiah: Świąder et al. (2020, Front. Environ. Sci.), Han et al. (2023, Nat. Commun.), Endawkie et al. (2025, Sci. Rep.), Iyanda et al. (2026, BMC Public Health), Wang et al. (2025, Sci. Rep.), serta Regulasi Positif & AMDAL Resmi (diolah CELIOS, 2026).

Kerangka asesmen terpadu ini membuktikan bahwa indikator dan ambang batas yang dibangun CELIOS bukanlah angka asumptif, melainkan standar kepatuhan hukum, batas toleransi biofisik, dan prinsip keadilan spasial yang sah secara saintifik (scientifically defensible) di hadapan otoritas lingkungan global.

9.3 Audit D3TLH Tingkat Bioregion Makro-Pulau (Level Pulau)

Kalkulasi D3TLH tingkat makro-pulau mengevaluasi akumulasi metabolisme sosial-ekologis Sulawesi sebagai satu bioregion tertutup menggunakan metode Simple Additive Weighting (SAW / WSM) berbobot setara (20% per dimensi). Seluruh indikator empiris disubstitusikan langsung ke dalam formula pembuktian terbalik tanpa pengenceran rata-rata administratif, menghasilkan skor terstandarisasi skala 0–10 yang dikonversikan ke skala Likert 1–5:

Kerangka Kalkulasi & Pembuktian Terbalik D3TLH Makro-Pulau
(tools/algo_skoring_pulau/kalkulasi_pulau_sulawesi.py):

1. Sampel Substitusi Normalisasi Indikator (Contoh: Kriteria 1 Udara – Sub-Metrik Cerobong & Gas):
 - $\text{Skor_PLTU} = \min(5, [9.825 / 5.000] \times 5) = 5,00$ | $\text{Skor_NO2} = \min(5, [(5,56e-6 - 4e-6) / 2e-6] \times 5) = 3,90$
 - $\text{Skor_Udara1 (Cerobong \& Gas)} = \min(10, 5,00 + 3,90) = 8,90 / 10,0$
 - Sub-Metrik Lainnya: $\text{Skor_ISPA} = 10,00$ | $\text{Skor_CO2} = 10,00$
2. Sampel Agregasi Kriteria (Contoh: Kriteria 1 – Daya Tampung Udara):
 - Skor Indikator: Udara1 (8,90), ISPA (10,00), Emisi CO₂ (10,00)
 - Skor Rata-rata Udara: $(8,90 + 10,00 + 10,00) / 3,0 = 9,64 / 10,0 \rightarrow \text{Likert: } 4,8 / 5,0$
3. Sintesis Pembobotan Multi-Kriteria WSM (5 Dimensi Bioregion Pulau Sulawesi):
 - Vektor Bobot Kriteria : $W = [0,20; 0,20; 0,20; 0,20; 0,20]$ (Bobot Setara 20% per Kriteria)
 - Vektor Skor Kriteria : $S = [9,64 \text{ (Udara)}; 8,19 \text{ (Air)}; 9,25 \text{ (Lahan)}; 7,81 \text{ (Sosial)}; 10,00 \text{ (Veto)}]$
 - Skor Komposit WSM $= \sum (w \times S) = (0,20 \times 9,64) + (0,20 \times 8,19) + (0,20 \times 9,25) + (0,20 \times 7,81) + (0,20 \times 10,00)$
 $= 1,928 + 1,638 + 1,850 + 1,562 + 2,000 = 8,978 / 10,0$
 (dibulatkan $8,98 / 10,0 \approx 9,00 / 10,0$)
 - **Skor Likert Komposit** $= 8,978 \div 2,0 = 4,49 / 5,0$ (dibulatkan $4,5 / 5,0$) --
> VONIS: MELAMPAUI BATAS (KOLAPS SISTEMIK)

Tabel 9.3

Rekapitulasi Sintesis Skoring 5 Kriteria Bioregion Pulau Sulawesi

Kriteria Evaluasi	Status Ekologis	Beban Empiris Aktual Terukur	Skor WSM	Skor Likert
Kriteria 1: Udara	Melampaui Batas	9.825 MW PLTU, NO ₂ 5,56e-6, ISPA IRR 3,5x, Co ₂ > 150 Jt Ton	9,64	4,8
Kriteria 2: Air	Melampaui Batas	Toksisitas Cr ⁶⁺ > 0,05 mg/L, Diare IRR 1,5x, Tailing 32 Jt Ton	8,19	4,2
Kriteria 3: Lahan	Melampaui Batas	1.609 Bencana, Deforestasi 1,38 Jt Ha, Tambang Lindung 41k Ha	9,25	4,6
Kriteria 4: Sosial	Mendekati Batas	8 Kasus FPIC, 54.310 Jiwa Tergusur, 21 Represi Aktivis	7,81	3,9
Kriteria 5: Veto	Melampaui Batas	574 IUP Baru, 21 Korporasi Kebal Hukum, 10,26 GW PLTU	10,00	5,0
KOMPOSIT PULAU	MELAMPAUI BATAS	Agregasi 5 Pilar Daya Dukung & Daya Tampung Ekologis	8,98 (9,00)	4,5

Sumber: Modul Kalkulasi Spasial Pulau tools/algo_skoring_pulau/kalkulasi_pulau_sulawesi.py; Dashboard D3TLH CELIOS (2026); Kategori Status Ekologis: Melampaui Batas (Skor 4–5), Mendekati Batas (Skor 3), Tidak Melampaui Batas (Skor 1–2).

Sintesis pembuktian terbalik ini memastikan bahwa klaim formal dokumen D3TLH pemerintah yang menyatakan ruang Sulawesi masih berdaya dukung tinggi terdiskualifikasi secara metodologis. Beban fisik industri ekstraktif telah melampaui batas lentur biofisik pulau, sehingga pemberlakuan moratorium total terhadap izin tambang dan PLTU captive baru merupakan mandat sains yang mutlak.



**Center of Economic and Law Studies
(CELIOS)**

Jl. Banyumas, Menteng, Jakarta Pusat, Indonesia

E : admin@celios.co.id
W : celios.co.id