

2020



# MERKURI DI INDONESIA

---

## MENGURANGI PASOKAN DAN KETERSEDIAAN



## Pengurangan Merkuri di Indonesia

### Konvensi Minamata tentang Merkuri

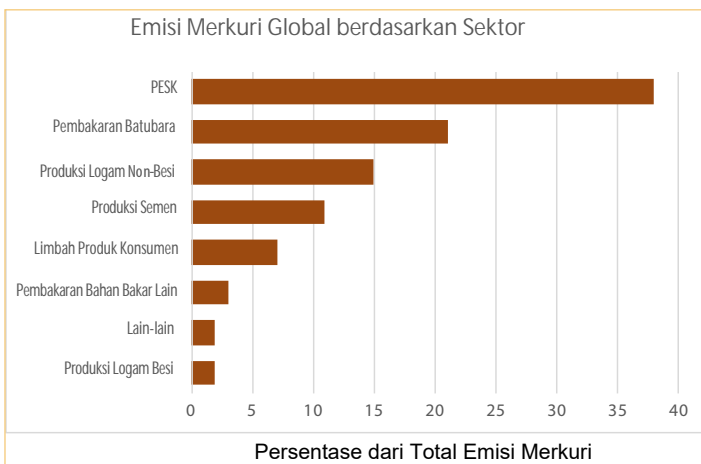
Merkuri merupakan salah satu polutan terbesar global yang berdampak buruk bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Konsentrasi merkuri di lingkungan global telah meningkat sebanyak tiga kali lipat secara global karena aktivitas industri manusia, baik pada ekosistem air tawar, muara, dan lautan yang merupakan reservoir utama tempat merkuri diendapkan.

Tujuan dari Konvensi Minamata tentang Merkuri adalah untuk melindungi kesehatan manusia dan lingkungan dari emisi antropogenik dan lepasan merkuri serta senyawanya. Untuk mendukung tujuan ini, Konvensi membuat ketentuan-ketentuan yang terkait dengan seluruh siklus hidup merkuri, termasuk pengendalian dan pengurangannya dalam berbagai produk, proses, dan industri di mana merkuri digunakan, dilepaskan, atau diemisikan. Konvensi tersebut juga membahas penambangan langsung merkuri, ekspor dan impornya, serta penyimpanannya yang aman dan pembuangannya.

### Merkuri di Lingkungan

Merkuri adalah elemen alami yang dapat dilepaskan ke lingkungan sebagai akibat dari kebakaran hutan, letusan gunung berapi, atau aktivitas panas bumi — tetapi merkuri terutama dilepaskan melalui aktivitas manusia (Gambar 1). Dari sekitar 5.500-8.900 ton merkuri yang saat ini diemisikan dan dilepaskan kembali ke atmosfer setiap tahun, hanya sekitar 10 persen yang berasal dari sumber-sumber alam (UNEP 2013).

Karena sifatnya yang unik, merkuri telah digunakan dalam berbagai produk dan proses selama berabad-abad. Saat ini, sebagian besar digunakan dalam proses industri yang menghasilkan klorin dan natrium hidroksida (misalnya, industri klor-alkali) atau untuk produksi polivinil klorida (PVC). Penyumbang terbesar emisi global adalah Penambangan Emas Skala Kecil (PESK; Gambar 1).



Gambar 1. Emisi merkuri antropogenik global berdasarkan sektor. Sumber Data: Penilaian Merkuri Global 2018 Program Lingkungan PBB.

Merkuri juga terkandung dalam berbagai produk konsumen (mis., Baterai, kosmetik, bola lampu, dan perlengkapan medis).

### Bagaimana Manusia dan Satwa Liar Terpapar Merkuri?

Manusia biasanya terpapar metil merkuri melalui konsumsi ikan, burung, dan mamalia laut tertentu. Selain itu, manusia terpapar merkuri dari emisi dan pelepasan ke tanah, air, dan udara melalui proses industri.

Namun, ada kesenjangan dalam pemahaman kita tentang hubungan antara lepasan antropogenik merkuri dan bioakumulasi dan biomagnifikasi berikutnya dalam jaring makanan air tawar dan laut, serta bagaimana hal itu dapat diterjemahkan ke dalam paparan dan risiko pada skala lokal, regional, dan global untuk ikan, satwa liar, dan manusia. Keberhasilan implementasi Konvensi dapat ditingkatkan melalui kontribusi kegiatan-kegiatan terkait identifikasi populasi yang berisiko, meningkatkan pelayanan kesehatan, dan melaksanakan pelatihan bagi tenaga profesional perawatan kesehatan yang lebih baik dalam mengidentifikasi dan mengobati dampak merkuri terhadap kesehatan manusia.

### Sebuah Proyek Kolaborasi untuk Pengurangan Merkuri

Biodiversity Research Institute (BRI), berkolaborasi bersama Nexus3 dan organisasi non-pemerintah yang lainnya, melaksanakan proyek tiga tahun ini yang bertujuan untuk mendukung Pemerintah Indonesia dalam membatasi pasokan merkuri, terutama untuk sektor Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK).

Upaya proyek ini mencakup empat komponen utama:

1. Tindakan hukum/peraturan/kebijakan untuk membatasi pasokan merkuri dari pertambangan primer dan produk sampingan merkuri
2. Mengembangkan dan melaksanakan rencana untuk mengurangi impor/ekspor merkuri secara ilegal
3. Mengembangkan dan menerapkan rencana penyimpanan merkuri, produk sampingan merkuri, dan limbah merkuri dengan aman
4. Pemantauan merkuri untuk menentukan besarnya dampak kesehatan manusia dan ekologi dan prioritaskan pembuatan dan pemilihan lokasi Rencana Aksi Daerah (RAD) untuk mengukur efektivitas implementasi penghapusan merkuri.

### Lokasi Penelitian

Empat Lokasi untuk inisiasi rencana aksi yang akan mencakup pengurangan penggunaan merkuri dan pemantauan selanjutnya untuk mengevaluasi kesehatan lingkungan dan manusia adalah:

- Bombana, Sulawesi Tenggara
- Landak, Kalimantan Barat
- Mandailing Natal, Sumatera Utara
- Sumbawa Barat dan Lombok Barat, NTB

Lihat peta di hal. 6-7



## 1–Tindakan Hukum/Peraturan/Kebijakan

Pemerintah Indonesia meratifikasi Konvensi Minamata pada tahun 2017. Menindaklanjuti ratifikasi, Presiden Indonesia menerbitkan Peraturan Presiden No. 21/2019 tentang Rencana Aksi Nasional dalam Pengurangan dan Penghapusan Merkuri. Dalam rangka mengimplementasikan Perpres ini, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menerbitkan Peraturan Menteri No. P.81/MENLHK/Setjen/ KUM.1/10/2019. Meskipun peraturan ini tidak akan cukup untuk mengontrol dan menghapus penggunaan dan distribusi merkuri, peraturan tersebut merupakan landasan positif untuk upaya lebih lanjut.

Untuk meningkatkan kerangka peraturan guna mengendalikan dan pada akhirnya menghapuskan impor, ekspor, dan distribusi merkuri, kami merekomendasikan:

- Perubahan kategori merkuri menjadi zat terlarang dalam lampiran PP No. 74/2001 tentang Bahan Berbahaya dan Beracun;
- Menetapkan merkuri sebagai bahan yang dilarang untuk diperdagangkan berdasarkan kebijakan Larangan dan Pembatasan serta memberikan sanksi pidana atas pelanggaran tersebut;
- Pencantuman kode HS untuk merkuri dalam Indonesia National Single Window (INSW) sebagai bahan yang dilarang untuk diimpor/diekspor, dan mengintegrasikan prosedur INSW dengan notifikasi B3 berdasarkan PP 74/2001;
- Pelarangan penambangan cinnabar dan penggunaan merkuri dalam PESK serta pemberian sanksi administrasi dan pidana atas pelanggaran, yang dapat dilakukan melalui revisi UU Minerba dan/atau terbitnya Peraturan Daerah.

Penegakan hukum yang ada terkait penambangan dan distribusi cinnabar bisa lebih efektif. Oleh karena itu kami merekomendasikan:

- Memperkuat penegakan hukum dengan menargetkan pelaku kegiatan ilegal terkait dengan penambangan cinnabar, impor, ekspor, distribusi, dan penggunaan merkuri dalam penambangan tradisional daripada berfokus pada pemain kecil. Berdasarkan penelitian kami, sanksi pidana yang dijatuhkan sangat kecil dan pendekatan saat ini gagal menangkap dalangnya;
- Memperkuat prosedur untuk pelaksanaan putusan pengadilan terkait merkuri;
- Memberikan pedoman mengenai perlakuan dan penanganan merkuri dan/atau cinnabar yang disita untuk melaksanakan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.26 Tahun 2017 Pasal 7 (k), Pasal 41, Pasal 42 dan Pasal 43.

Cinnabar, batuan sumber utama merkuri, merupakan mineral yang berasal dari kegiatan vulkanik. Tambang cinnabar di Indonesia memasok merkuri untuk kegiatan PESK. Dalam gambar ini disajikan smelter untuk pemurnian cinnabar menjadi merkuri yang dapat diperjualbelikan untuk kegiatan PESK

### KOMPONEN PROYEK (termasuk Perdagangan)

Membantu pengembangan rencana dan kebijakan nasional untuk membatasi pasokan merkuri dari pertambangan primer dan produk sampingan merkuri dari minyak dan gas, dan mengidentifikasi penyimpanan yang aman untuk mengurangi ketersediaan merkuri. Tim proyek akan:

- Mempersiapkan dan mengadopsi tambahan komponen yang diperlukan untuk Rencana Aksi Nasional (RAN) dan Peta Jalan Merkuri meliputi larangan penambangan cinnabar, resirkulasi merkuri dari sektor migas dan pertambangan, serta ekspor merkuri. (Tahun ke 1)
- Mengembangkan dan mengadopsi panduan kebijakan larangan penambangan cinnabar di seluruh negeri, dan tentang sirkulasi ulang merkuri yang diambil dari produk sampingan sektor minyak dan gas dan pertambangan ke pasar. (Tahun ke 1)
- Mengembangkan pedoman kebijakan dan/atau undang-undang untuk melarang ekspor merkuri dan bijih cinnabar dari Indonesia. (Tahun ke 1)
- Menyarankan Kementerian terkait untuk merevisi/memperbarui peraturan untuk mendukung rekomendasi proyek ini. (Tahun ke 3)
- Membantu Pemerintah dalam implementasi dan pemantauan kebijakan dan/atau legislasi. (Tahun ke 2-3)



## 2-Perdagangan Merkuri

Merkuri telah digunakan di Indonesia sejak tahun 1990-an. Secara khusus, merkuri banyak digunakan di sektor Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK). Sejak awal 2000-an kegiatan pertambangan emas ilegal meningkat di Indonesia, sebagian didorong oleh kenaikan harga emas global yang cukup tinggi. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa peningkatan aktivitas PESK dan merkuri menyebabkan pencemaran di beberapa provinsi di Indonesia.

Secara global, UNEP (2018) mengidentifikasi sektor PESK sebagai yang sektor utama kontributor emisi merkuri global (38%) dan Kania Dewi (2012) mengidentifikasi emisi merkuri dari sektor PESK sebagai sumber utama emisi merkuri (57,5%) di Indonesia.

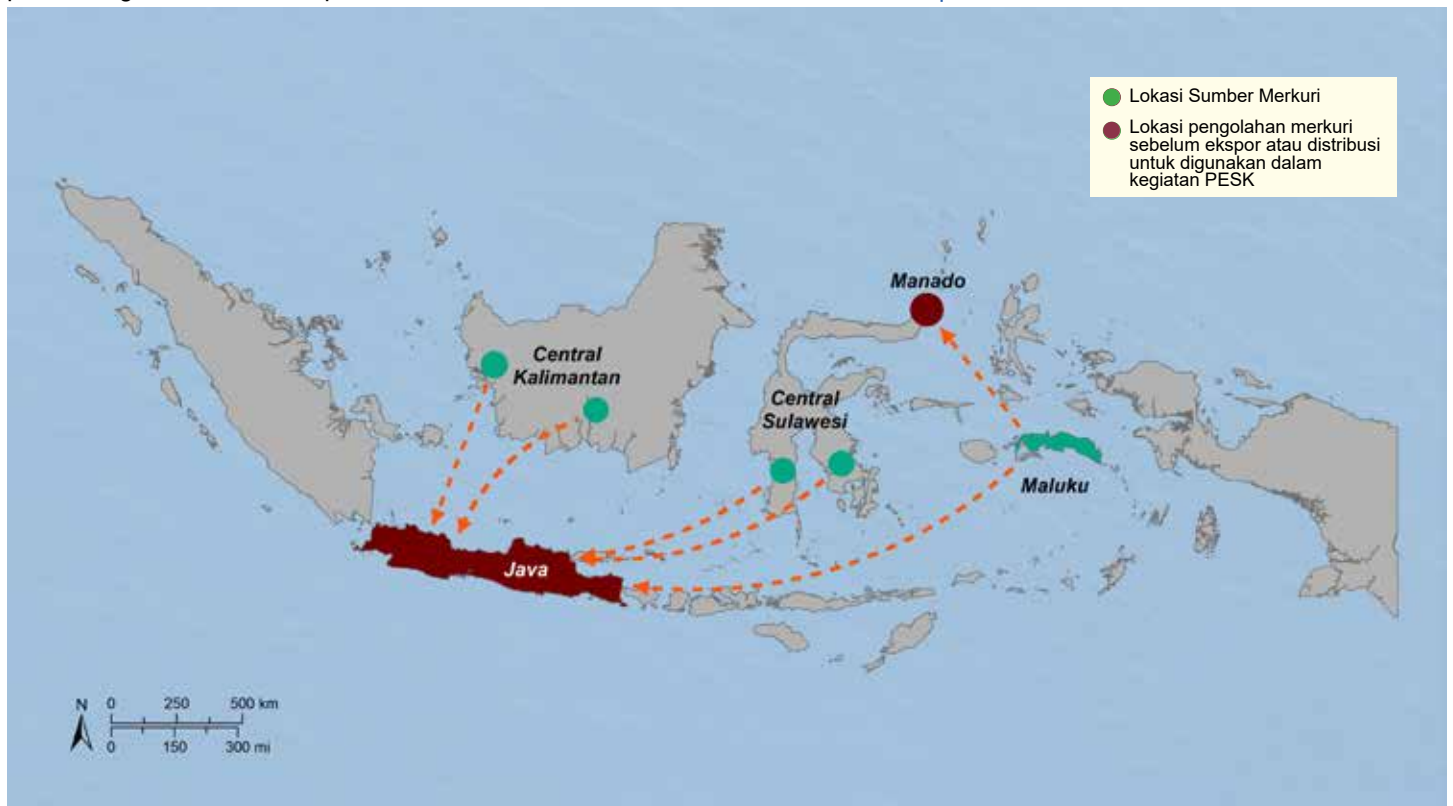
Hingga 2014, Indonesia mengimpor merkuri dari berbagai negara. Namun, setelah mengadopsi Konvensi Minamata pada 2013, eksportir, seperti Uni Eropa dan Amerika Serikat, memberlakukan larangan ekspor merkuri. Pada tahun 2016, produksi dan ekspor merkuri global telah bergeser dari Belahan Utara ke Asia Timur dan Amerika Selatan. Di tahun 2016, Indonesia menjadi salah satu produsen dan eksportir merkuri terbesar di dunia, mengekspor 311 ton merkuri ke 11 negara.

Saat ini banyak dari rantai pasokan merkuri yang ada di Indonesia ilegal. Kementerian Perdagangan Indonesia telah melarang impor, perdagangan, dan penggunaan merkuri di sektor pertambangan. Namun, merkuri terus digunakan secara luas di sektor PESK Indonesia dan sejumlah besar merkuri dilaporkan diselundupkan ke luar negeri ke negara penghasil emas lainnya.

Dari lokasi penambangan yang diketahui ini (Gambar 2), bijih sinabar diangkut ke Jawa, khususnya ke Jakarta lalu ke Sukabumi di Jawa Barat dan Surabaya di Jawa Timur, di mana bijih sinabar diolah menjadi merkuri cair yang dapat digunakan untuk ekstraksi emas. Merkuri kemudian dijual kepada petambang emas atau diekspor.



Merkuri yang diperdagangkan secara ilegal disita oleh polisi setempat. Perdagangan merkuri menggunakan berbagai macam wadah untuk transportasi.



Gambar 2. Dari lokasi penambangan yang diketahui ini, bijih cinnabar diangkut ke Jawa untuk diolah menjadi merkuri yang dapat digunakan untuk mengekstraksi emas..

### 3–Lahan Terkontaminasi, Penyimpanan, dan Pengelolaan Limbah Merkuri

#### Lahan Terkontaminasi

Lahan terkontaminasi merkuri di Indonesia terutama berasal dari aktivitas PESK ketika merkuri dilepaskan ke lingkungan. Kontaminasi merkuri dapat terjadi di sekitar area pengolahan gelundung, tempat pembuangan tailing, sianidasi tailing yang sebelumnya telah diproses dengan merkuri, dan bahkan di lokasi-lokasi amalgamasi untuk mendapatkan emas dilakukan secara terus menerus.

Bahkan jika semua penggunaan merkuri dihentikan di lokasi PESK, lahan yang telah terkontaminasi akan berdampak pada kesehatan manusia yang signifikan dan membahayakan lingkungan sampai lahan tersebut diidentifikasi dan diperbaiki atau dipulihkan.

Sebagai bagian dari proyek ini, akan disusun panduan tentang identifikasi, penilaian, dan opsi manajemen untuk lokasi yang terkontaminasi merkuri. Bimbingan akan fokus pada metode cepat, skrining murah untuk mengidentifikasi lokasi berisiko tinggi. Penyusunan inventarisasi lokasi yang terkontaminasi di tingkat regional dan nasional akan dapat membantu pihak berwenang untuk memahami skala masalah dan memprioritaskan alokasi sumber daya ke lokasi berisiko tertinggi.

#### Penyimpanan (storage)

Merkuri yang disita dari penambangan emas, penegahan impor atau ekspor ilegal, dan sumber lainnya membutuhkan pelacakan dan sistem penyimpanan yang aman. Termasuk sistem penyimpanan terdesentralisasi yang memungkinkan polisi menyimpan sitaan merkuri dengan aman dan terkendali tanpa ada risiko pajanan di lapangan, serta fasilitas penyimpanan terpusat untuk merkuri curah dan cinnabar.

Rekomendasi terkait dengan penyimpanan merkuri untuk jangka panjang atau pembuangan merkuri serta kebutuhan untuk mengubahnya menjadi senyawa kimia yang aman dan stabil, yang tidak dapat dengan mudah diubah kembali menjadi merkuri sebagai komoditas.



Atas: Selama proses penambangan emas skala kecil, beberapa merkuri tertinggal di lumpur (dikenal sebagai tailing tambang). Merkuri berlebih ini sering terbuang di sekitar saluran air ketika tailing dibuang. Kiri: Pekerja membersihkan bijih sinabar untuk diolah menjadi merkuri.

Diagram salah satu jenis fasilitas penyimpanan merkuri



Merkuri seharusnya tidak dijual lagi secara komersial dan disimpan dalam wadah khusus di sebuah penyimpanan sementara dalam fasilitas khusus hingga dapat distabilkan (dengan proses menggunakan belerang) untuk pembuangan jangka panjang.

#### Pengelolaan Limbah (Waste Management)

Limbah merkuri dalam volume yang sangat besar dalam bentuk tailing dari sektor PESK dan, pada volume yang lebih rendah, sebagai produk yang tak digunakan lagi serta limbah B3 industri. Kontaminasi limbah merkuri dalam jumlah yang signifikan diidentifikasi juga di sektor minyak dan gas di Indonesia.

Mengingat fasilitas pengolahan limbah merkuri dapat diakses secara regional (Australia, Thailand, dan kemungkinan di Kalimantan bagian Malaysia), maka semakin banyak merkuri akan dihasilkan. Ketentuan harus dibuat untuk stabilisasi merkuri dan penyimpanan jangka panjang dibutuhkan untuk mencegah merkuri kembali ke sektor PESK melalui perdagangan lokal maupun global.

#### KOMPONEN PROYEK

Tujuan dari komponen proyek ini adalah untuk mengembangkan dan melaksanakan beberapa rencana lokal untuk penanganan, penyimpanan sementara, dan final penyimpanan merkuri dan bijih cinnabar. Tim proyek akan bekerja dengan otoritas Pemerintah Indonesia untuk:

- Membantu implementasi Rencana Aksi Nasional dalam bentuk beberapa Rencana Aksi Daerah (RAD) untuk mengurangi dan menghapus merkuri termasuk penanganan yang aman, penyimpanan sementara, dan penyimpanan akhir merkuri dan bijih cinnabar. (Tahun ke 1-2)
- Membangun kapasitas pemerintah pusat dan daerah, termasuk lembaga penegak hukum, untuk menangani dan menyimpan merkuri yang telah dihapus dari kegiatan PESK sebagai bagian dari RAD. (Tahun ke 2)
- Menyusun satu RAD atau lebih sebagai proyek percontohan untuk diuji implementasinya lebih luas di seluruh Indonesia terutama di beberapa lokasi yang akan ditentukan. (Tahun ke 2-3)

## 4–Pemantauan Merkuri: Lokasi-Lokasi PESK

### Mengidentifikasi Lokasi-Lokasi PESK

Empat lokasi tersebut adalah Bombana, Landak, Mandailing Natal, dan Sumbawa Barat. Lokasi tersebut dipilih berdasarkan kriteria berikut:

- Saat ini kegiatan PESK masih aktif dan intensif menggunakan merkuri;
- Lokasi aktivitas PESK berada di dekat atau di kawasan ekosistem sensitif, taman nasional atau kawasan lindung;
- Lokasi dengan dukungan politik yang kuat untuk merehabilitasi lahan yang terdegradasi dan berencana untuk mengkaraktirisasi dan memulihkan lokasi yang terkontaminasi merkuri;
- Kabupaten/kota dengan kemauan politik yang kuat.

### Merkuri: Distribusi Spasial dan Pola Temporal

Kompilasi data biotik merkuri yang ada merupakan pendekatan penting untuk memahami gradien spasial yang luas dan pola temporal. Upaya pemodelan global baru-baru ini menunjukkan 49 persen pengendapan merkuri global terjadi di lautan tropis.

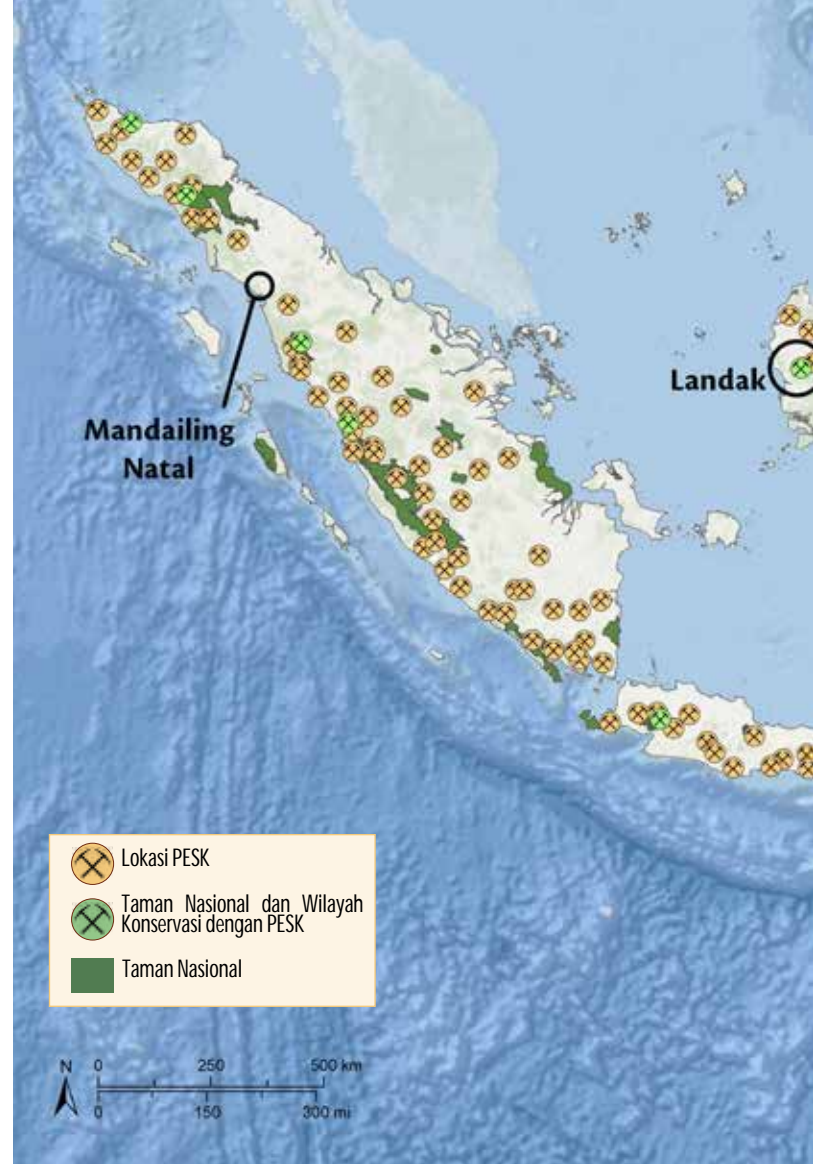
Wilayah ekuator di Pasifik merupakan wilayah tangkapan ikan komersial yang penting bagi banyak spesies pelagis besar seperti tuna, yang bertanggung jawab atas sebagian besar pajanan metil merkuri pada manusia. Dengan demikian, mengaitkan pengendapan merkuri yang meningkat dengan pembentukan metil merkuri di laut dan keterpaparan biologis terkait merupakan tujuan penting dari penelitian yang sedang berlangsung.

Dalam ekosistem air tawar, meta-analisis global menunjukkan bahwa biomagnifikasi merkuri melalui jaring makanan paling tinggi pada sistem dingin dan produktivitas rendah, namun lokasi yang terkontaminasi besar (misalnya, kawasan PESK) kemungkinan merupakan pendorong penting variabilitas dalam konsentrasi biota air tawar tropis.

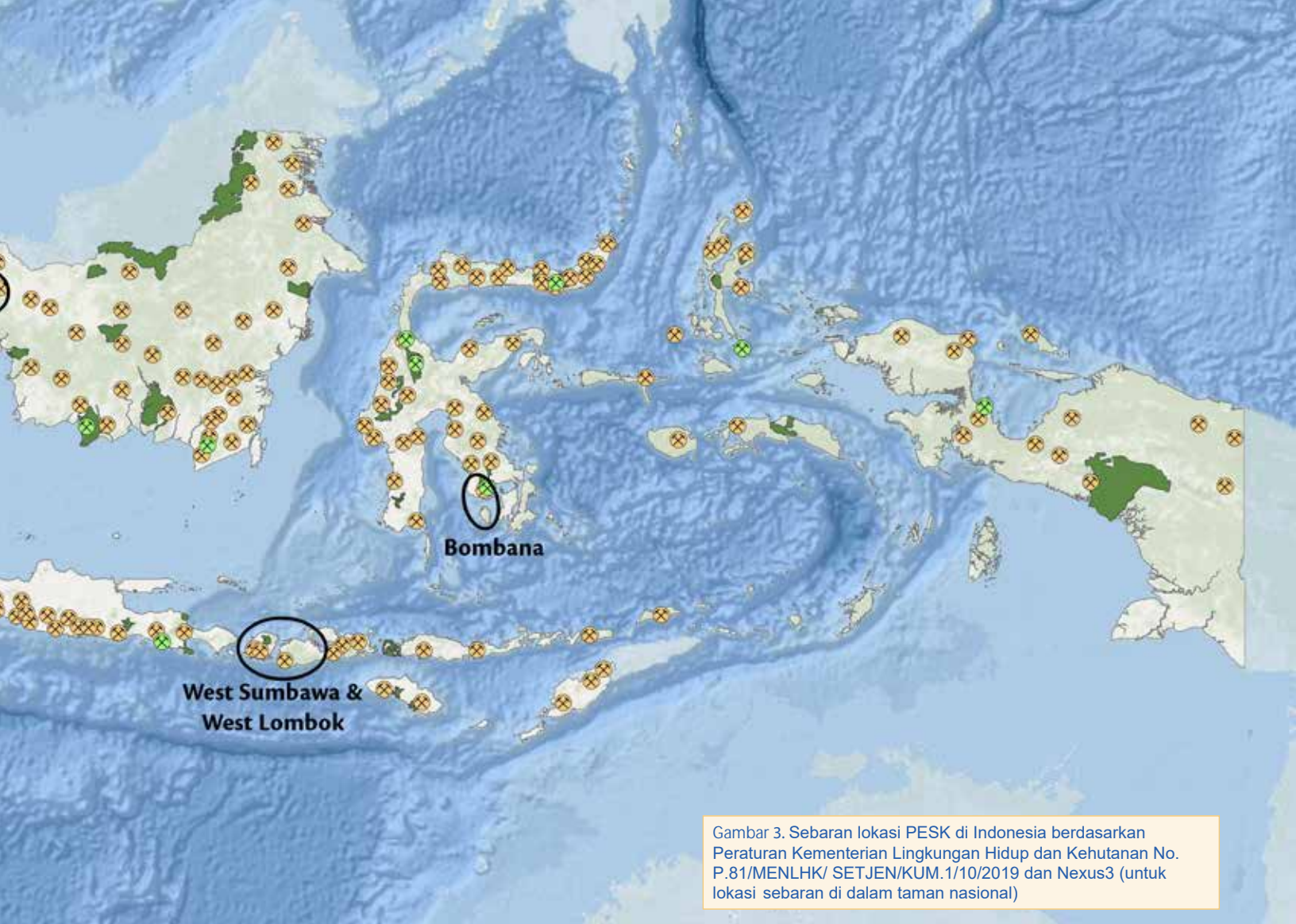
Oleh karena itu, satu upaya yang baru-baru ini dilakukan untuk mengkaraktirisasi pelepasan merkuri akuatik global ke ekosistem pedalaman sangat penting untuk memahami distribusi spasial dari lokasi-lokasi ini.

Pemahaman buruk kami tentang bagaimana merkuri dilepaskan dari PESK dan konversi terkait menjadi metil merkuri, paparan, dan dampak pada kesehatan manusia dan ekologi sekarang menjadi salah satu celah data yang lebih penting untuk diisi.

Menetapkan pola terkait merkuri yang berasal dari PESK dan sumber lain seiring berjalannya waktu dan tempat sangat penting untuk pemahaman pengembangan kegiatan biomonitoring dengan cara yang hemat waktu dan biaya.



Atas: Di Sekotong, penambang menambahkan merkuri cair untuk pengendapan dalam gelundung. Serbuk emas menempel dengan merkuri dan membentuk amalgam padat. Merkuri yang berlebih dalam endapan yang dibuang, masuk ke saluran air setempat.  
Insert: Pemanasan amalgam menguapkan merkuri dan meninggalkan butiran emas.



Gambar 3. Sebaran lokasi PESK di Indonesia berdasarkan Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.81/MENLHK/ SETJEN/KUM.1/10/2019 dan Nexus3 (untuk lokasi sebaran di dalam taman nasional)



Bombana, Sulawesi Tenggara



Mandailing Natal, Sumatera Utara



Landak, Kalimantan Barat



Sumbawa Barat, Nusa Tenggara Barat

## 4–Pemantauan: Sensitivitas Ekosistem

### Apa itu Sensitivitas Ekosistem?

Sensitivitas ekosistem menjelaskan hubungan antara jumlah dan jenis merkuri yang memasuki ekosistem dan kemampuan lingkungan untuk memetilasi merkuri (Gambar X). Metilasi adalah proses dimana unsur merkuri diubah menjadi metil merkuri organik oleh bakteri dan mikroba lainnya. Metil merkuri senyawa beracun dan dapat terakumulasi dalam konsentrasi tinggi di jaringan ikan, satwa liar, dan manusia, menyebabkan banyak efek kesehatan negatif.

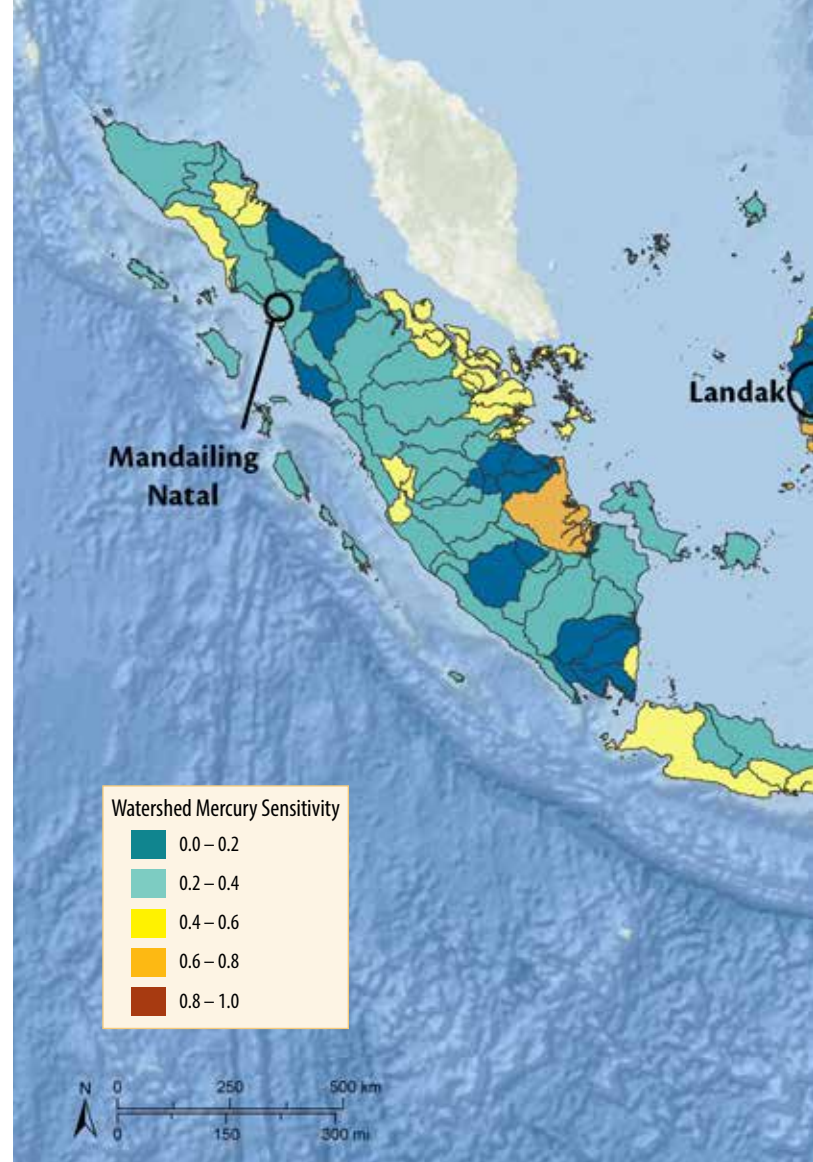
### Bagaimana Kami Menentukan Sensitivitas Ekosistem?

Sejauh mana merkuri dimetilasi dan tersedia di lingkungan adalah kompleks dan dapat dipengaruhi oleh banyak faktor. Kondisi ekosistem tertentu dapat memfasilitasi produksi dan ketersediaan hayati metil merkuri. Misalnya, bakteri sering menghasilkan lebih banyak metil merkuri dalam kondisi sulfat dan oksigen rendah dalam jumlah sedang (Hsu-Kim et al. 2013); Kondisi ini dapat terjadi pada ekosistem lahan basah, sedimen danau dan sungai, serta tepi sungai.

### Faktor yang Mempengaruhi Sensitivitas Merkuri di Indonesia

Bentang alam yang menjadi faktor sensitivitas merkuri ada banyak dan sering dikaitkan dengan peningkatan (+) atau penurunan (-) kemampuan metilasi oleh bakteri dalam sebagian besar ekosistem. Habitat dengan lahan basah yang sering diidentifikasi memiliki sensitivitas tinggi meliputi:

- Area Bakau (++)
- Lahan basah RAMSAR yang teridentifikasi (+): kawasan ini dilindungi oleh Konvensi RAMSAR, cenderung luas dan berkualitas tinggi, kawasan yang tidak terdegradasi yang rentan terhadap kemampuan metilasi tinggi.
- Badan air (+) dan garis pantai yang terkait umumnya merupakan daerah metilasi merkuri sedang hingga tinggi, termasuk danau, kolam, sungai, dan aliran sungai.
- Tutupan hutan (+) berkontribusi untuk menangkap pengendapan merkuri yang lebih kering dan pada akhirnya lebih banyak kemampuan metilasi di dasar hutan.
- Sawah (+) umumnya merupakan area yang baik untuk metilasi merkuri karena siklus basah-keringnya yang terjadi secara teratur, dapat memindahkan kembali metil merkuri yang dihasilkan di pori-pori air tanah pada zona anaerobik.
- Area pertanian (-) umumnya meredam kemampuan metilasi bakteri, terkadang melalui kemampuan pengenceran secara biologis.

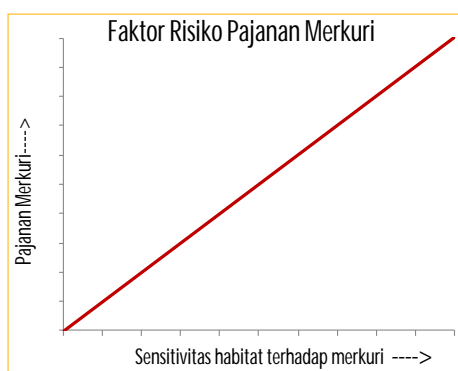


Bakau—sangat sensitif



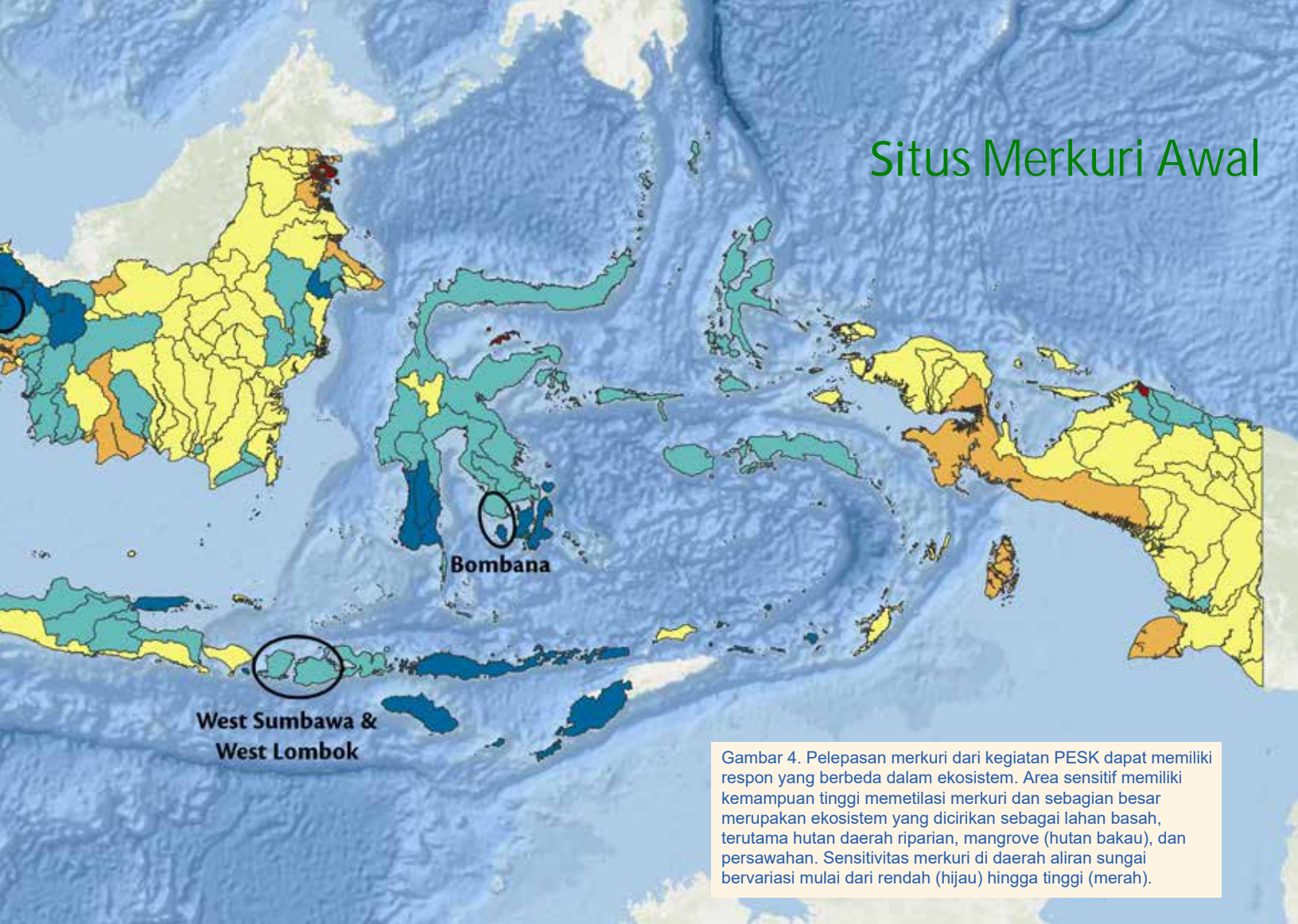
Sungai—bisa menjadi sensitif

Gambar 5  
Risiko terkait dengan seberapa banyak merkuri di lingkungan dan seberapa sensitif lingkungan itu terhadap merkuri





## Situs Merkuri Awal



Gambar 4. Pelepasan merkuri dari kegiatan PESK dapat memiliki respon yang berbeda dalam ekosistem. Area sensitif memiliki kemampuan tinggi memetilasi merkuri dan sebagian besar merupakan ekosistem yang dicirikan sebagai lahan basah, terutama hutan daerah riparian, mangrove (hutan bakau), dan persawahan. Sensitivitas merkuri di daerah aliran sungai bervariasi mulai dari rendah (hijau) hingga tinggi (merah).



Danau—sensitivitas merkuri bergantung pada garis pantai



Pertanian—sensitivitas rendah

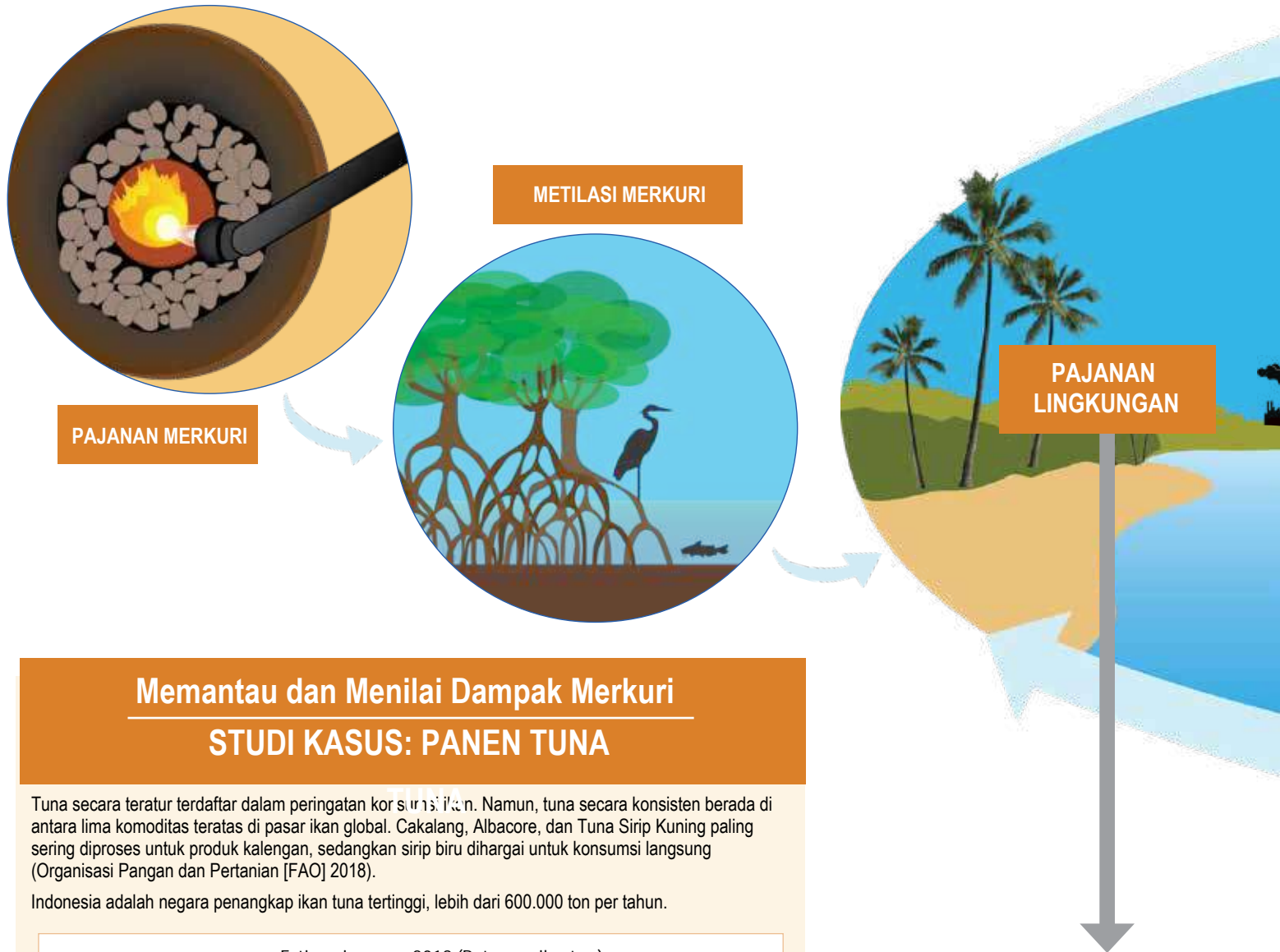


Hutan—dapat menjadi sensitif



Sawah—sensitivitas tinggi/paling penting untuk ternak ikan di sekitarnya

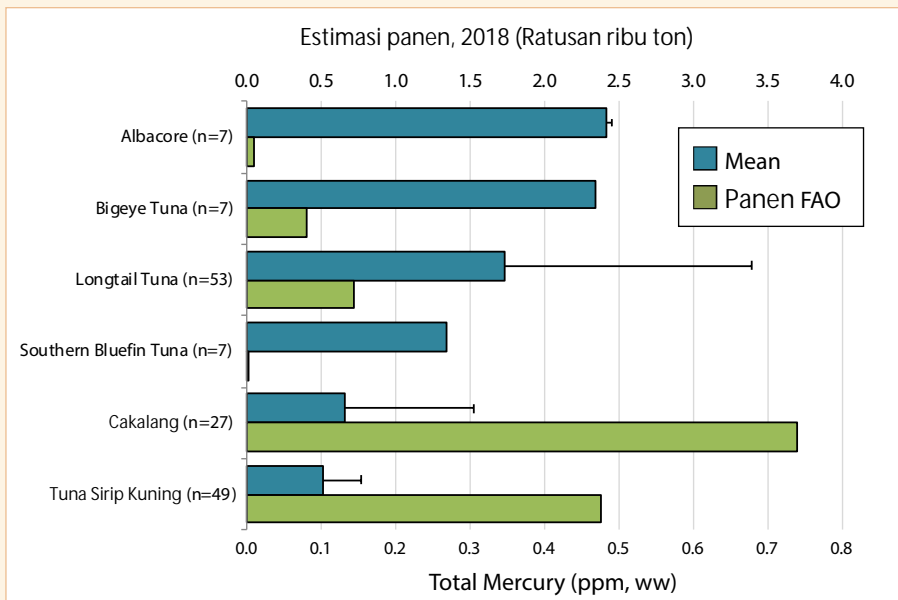
# Pemantauan Lingkungan—Langkah Selanjutnya



## Memantau dan Menilai Dampak Merkuri STUDI KASUS: PANEN TUNA

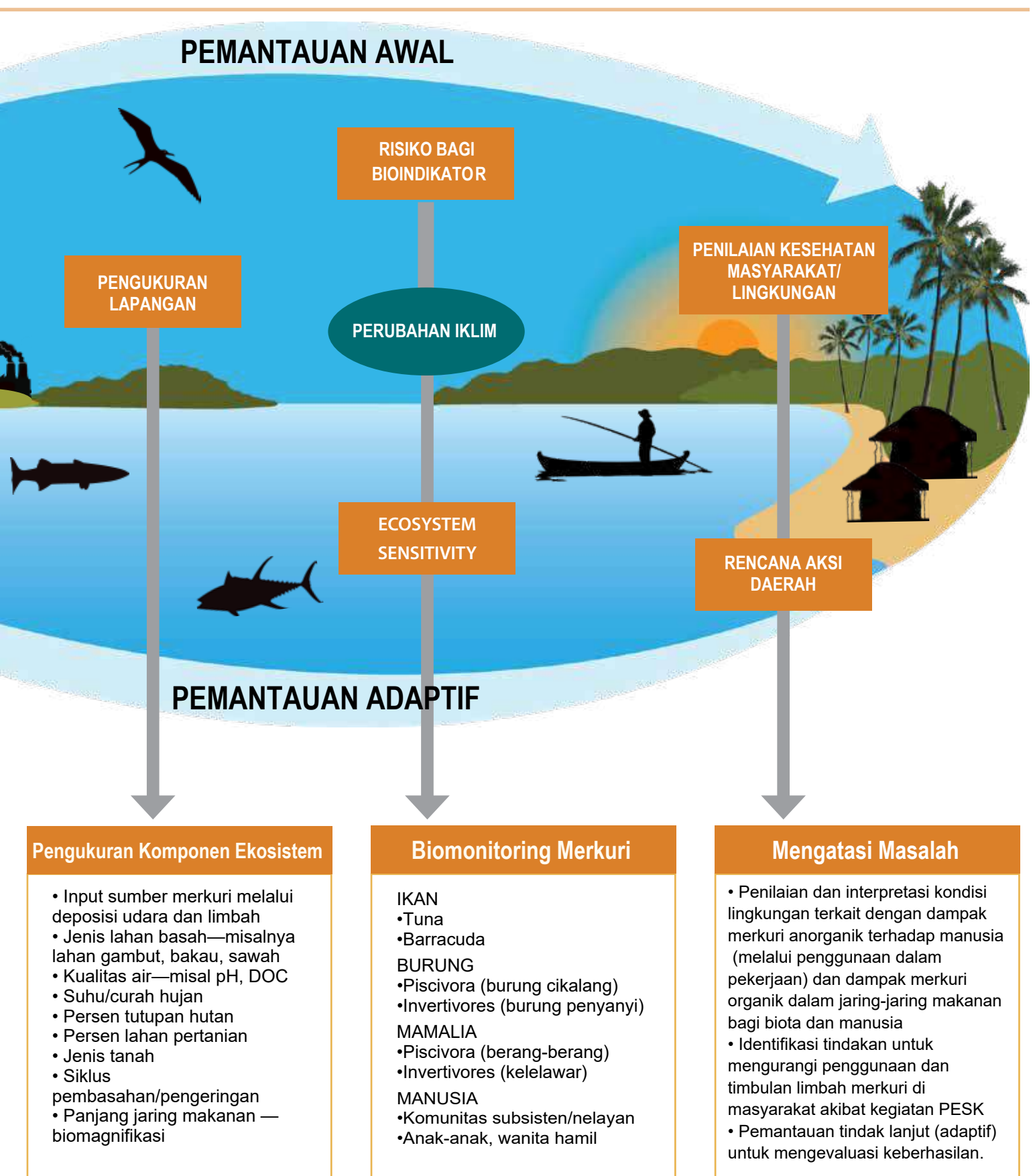
Tuna secara teratur terdaftar dalam peringatan konsumsi ikan. Namun, tuna secara konsisten berada di antara lima komoditas teratas di pasar ikan global. Cakalang, Albacore, dan Tuna Sirip Kuning paling sering diproses untuk produk kalengan, sedangkan sirip biru dihargai untuk konsumsi langsung (Organisasi Pangan dan Pertanian [FAO] 2018).

Indonesia adalah negara penangkap ikan tuna tertinggi, lebih dari 600.000 ton per tahun.



Gambar 6. Rata-rata ( $\pm$  SD, n = ukuran sampel) konsentrasi merkuri total dalam jaringan otot dari enam spesies tuna yang dijadikan sampel di wilayah Indonesia yang lebih luas. Sumber: Database Sintesis Biota Mercury BRI; sesuai data panen FAO 2018 untuk Indonesia.

- Pertambangan Emas Skala Kecil dan komersial
  - Produksi semen
  - Pembakaran Batubara
  - Pengeboran dan penyulingan minyak dan gas
  - Limbah dari produk yang ditambahkan merkuri—terbakar di tempat pembuangan sampah
  - Produksi logam non-besi
- (Merkuri dapat dimobilisasi dari peristiwa erosi dan kebakaran)



Gambar 7. Pemantauan lingkungan. Untuk menafsirkan paparan merkuri bioindikator terbaik dari waktu ke waktu dan ruang, komponen ekosistem yang peka terhadap tingkat metilasi perlu diidentifikasi, dikumpulkan, dan diinterpretasikan. Sementara metadata seperti itu sangat penting untuk interpretasi berkualitas tinggi, perubahan iklim menciptakan urgensi yang semakin meningkat. Dengan volume informasi yang tersedia tentang batas efek untuk kelompok biota utama dan manusia, penilaian risiko dapat dihasilkan dengan lebih meyakinkan.



## Tim Proyek

### Penyelidik Utama

David Evers, Ph.D.  
Biodiversity Research Institute, USA  
david.evers@briloon.org



Yuyun Ismawati  
Nexus3, Indonesia  
yuyun@nexus3foundation.org



Proyek Didanai oleh:  
United States Department of State



Bureau of Oceans and  
International  
Environmental and  
Scientific Affairs

### Anggota Tim



IPEN  
Lee Bell, Australia



Center for Regulation, Policy,  
and Governance  
Dyah Paramita, Oman



Global Initiative against  
Transnational Organized Crime  
Marcena Hunter, Australia



Biodiversity Research Institute  
Molly Taylor, USA  
Mark Burton, USA



Nexus3  
Krishna Zaki, Indonesia  
Yune Eribowo, Indonesia  
Sonia Buftheim, Indonesia  
Mochamad Tio Septiono, USA  
Dita Purnamaningsih, Indonesia

## Kredit

Peta: Mark Burton

Ilustrasi: Iain Stenhouse

Foto:

Sampul: Membakar amalgam © REUTERS/Alamy Stock Photo; hlm. 2-3 Banner: Pulau Padar, Flores, Indonesia © Sarinee58-shutterstock; hlm. 3: Peleburan Cinnabar – foto milik Nexus3; hlm. 4: Merkuri sitaan – foto milik Nexus3; hlm. 5: Tailing tambang © BRI-David Buck, Pembersihan bijih cinnabar – foto milik IPEN; hlm. 6: Toko emas Sekotong membakar amalgam oleh Kemal Jufri, hlm. 7: Lokasi PESK di Bombana di Sulawesi, Landak di Kalimantan, Mandailing Natal di Sumatera, dan Sumbawa Barat dan Lombok Barat – foto milik Nexus3; hlm. 8: Hutan bakau di Banyuwangi, Jawa Timur, Indonesia © Bayu Java-shutterstock, Sungai di Sumatera Barat © Krist Setyawan-shutterstock; hlm. 9: Danau Danau Biru di Sawahlunto, Sumatera Barat © antoshkaphoto-shutterstock, Hutan di Bali © aiko\_koni-shutterstock, Kopi Robusta dari Desa Kopi Banaran di Semarang, Jawa Tengah © em faies-shutterstock, Sawah © Oulailax Nakhone; Sampul belakang: Memancing di Banda Aceh © Fredography.ID-shutterstock.