

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN HIBAH BERSAING**



**INVENTARISASI SPESIES BURUNG PERAIRAN DAN MODEL PREDIKTIF
RANTAI MAKANAN KAWASAN PESISIR YANG TERCEMAR MERKURI DARI
LIMBAH PERTAMBANGAN RAKYAT DI KABUPATEN POHUWATO**

Tahun ke 2 dari rencana 2 tahun

**Ketua Tim:
Prof.Dr. Ramli Utina M.Pd
NIDN : 0004085507**

**Anggota Tim:
Abubakar Sidik Katili, S.Pd.,M.Sc
NIDN : 0017067905**

**Drs. Mustamin Ibrahim, M.Si
NIDN: 0016066804**

**UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO
Oktober, 2016**

HALAMAN PENGESAHAN

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL

HALAMAN PENGESAHAN

RINGKASAN

PRAKATA

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

BAB 1. PENDAHULUAN

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

BAB 4. METODE PENELITIAN

BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

I. Instrumen

II. Personalia tenaga peneliti beserta kualifikasinya

III. HKI, publikasi dan produk penelitianlainnya (sesuai yang dijanjikan)

RINGKASAN

Inventarisasi Spesies Burung Perairan dan Model Prediktif Rantai Makanan Kawasan Pesisir yang Tercemar Merkuri dari Limbah Pertambangan Rakyat di Kabupaten Pohuwato

Ramli Utina, Abubakar Sidik Katili, Mustamin Ibrahim
Jurusan Biologi FMIPA-Universitas Negeri Gorontalo

Usaha penambangan emas secara tradisional menggunakan amalgamasi dengan logam merkuri (Hg). Pengelolaan mineral emas, di satu pihak memberi dampak positif bagi perekonomian masyarakat, namun dilain pihak berdampak negatif bagi ekosistem akibat limbah yang mengandung merkuri yang dibuang ke saluran air tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu. Masuknya merkuri ke dalam sistem ekologi perairan akan memberikan pengaruh secara beruntun pada tingkatan tropik organisme. Di kawasan perairan pesisir hidup berbagai species biota seperti ikan, kepiting, kerang, moluska, species mangrove, bahkan species burung perairan sebagai predator biota perairan. Burung perairan adalah salah organisme puncak pada rantai makanan di ekosistem pesisir. Rantai makanan ini memungkinkan burung perairan mengakumulasi kadar merkuri pada jaringan tubuh yang bersumber dari biota perairan seperti ikan, kerang, kepiting, dan jenis moluska yang menjadi makanan burung. Penelitian tahap ke 1 tahun 2015 berhasil mengidentifikasi tujuh species burung predator biota perairan pesisir beserta rerata kadar merkuri pada tubuh masing-masing species burung.

Penelitian tahap ke 2 tahun 2016 bertujuan; (1) diperolehnya data species biota perairan pesisir yang menjadi makanan burung perairan, serta species mangrove di pesisir (2) diketahuinya kadar merkuri pada jaringan tubuh species biota, dan kadar merkuri pada akar tumbuhan mangrove, dan (3) adanya rumusan model prediktif rantai makanan kawasan pesisir yang tercemar merkuri. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi data dasar untuk penelitian lebih lanjut serta informasi bagi pengambilan kebijakan dalam perlindungan dan pelestarian satwa serta kesehatan masyarakat.

Metode survey dilakukan di kawasan pesisir Kecamatan Marisa Kabupaten Pohuwato. Penetapan lokasi secara *purposive sampling* dengan pertimbangan di kawasan pesisir ini menjadi areal penelitian tahap 1 dimana ditemukan tujuh species burung perairan yang terpapar merkuri dari penambangan emas secara tradisional. Data primer meliputi; species biota perairan yang menjadi makanan bagi species burung perairan, kadar merkuri pada organ tubuh biota, dan organ tumbuhan mangrove. Data kadar merkuri pada organ tubuh dilakukan dengan mengambil jaringan tubuh biota dan akar mangrove sampel. Penanganan awal sampel organ dilakukan di laboratorium Biologi FMIPA UNG, sedangkan uji konsentrasi kadar merkuri dilakukan di laboratorium BARISTAN Makassar. Data sekunder diperoleh status lingkungan hidup daerah Kabupaten Pohuwato, peta wilayah penambangan rakyat, area pembuangan limbah hingga habitat perairan dimana terkonsentrasi species burung perairan, serta hasil penelitian sebelumnya yang terkait.

Kata Kunci: *biota perairan, merkuri, model prediktif, rantai makanan*

BAB 1

PENDAHULUAN

Pelestarian flora dan fauna dan ekosistemnya telah banyak dilakukan oleh masyarakat, baik atas dukungan dana pemerintah maupun secara swadaya. Restorasi ekosistem dan praktek pengelolaan lingkungan akan mengurangi dampak terhadap sistem ekologi, termasuk menjaga keragaman hayati dan adanya dampak terhadap jenis flora dan fauna yang langka atau terancam punah. Pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan dimaksudkan untuk mencapai peningkatan mutu kehidupan secara menyeluruh, baik pada masa kini maupun mendatang dengan cara mempertahankan proses-proses ekologi yang menjadi tumpuan kehidupan (Undang-Undang Lingkungan RI No. 23 tahun 1997).

Pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan dapat dicapai dengan menerapkan sejumlah pendekatan dan strategi untuk memastikan agar praktek lingkungan yang baik diterapkan dan dipromosikan di semua sektor penting, seperti pertambangan. Kegiatan di sektor pertambangan harus mempertimbangkan dampaknya pada lingkungan. Pencemaran logam berat makin menimbulkan keresahan masyarakat karena isu yang pernah terjadi di Teluk Buyat Kabupaten Bolang Mongondow Provinsi Sulawesi Utara (Halsted,1972). Pengelola tambang diharapkan peduli terhadap upaya perlindungan lingkungan termasuk pemeliharaan keragaman hayati meliputi semua bentuk kehidupan flora, fauna dan jasad renik, sifat genetiknya serta keragaman spesies dalam ekosistemnya yang stabil.

Stabilitas suatu ekosistem dipengaruhi oleh kondisi komponen-komponen biotik dan abiotik yang ada di dalamnya. Masalah lingkungan yang banyak terjadi telah memberikan pengaruh pada sistem rantai makanan di dalam ekosistem. Masuknya unsur kimia logam berat merkuri (Hg) dalam rantai makanan menjadi indikasi adanya permasalahan di suatu ekosistem perairan. Logam berat ini digunakan dalam proses amalgamasi pada kegiatan penambangan emas secara tradisional oleh masyarakat, dan kemudian limbah proses ini dibuang bersama sedimen ke perairan umum. Dalam kegiatan penambangan, pemberlakuan baku mutu lingkungan adalah hal yang mutlak untuk dapat menjamin stabilitas ekosistem.

Potensi tambang mineral di Provinsi Gorontalo yang saat ini dikelola oleh masyarakat secara tradisional diantaranya di Kabupaten Pohuwato. Lokasi penambangan emas tradisional berada di kawasan Gunung Pani ($121^{\circ}59'36''$ & $122^{\circ} 0'08''$ BT, $0^{\circ}33'17''$ & $0^{\circ}33'50''$ LU). Kegiatan penambangan emas ini telah berlangsung lama dan lebih intensif sejak awal tahun sembilan puluhan. Penambang tradisional lebih kurang sejumlah 2200 orang dengan menggunakan 62 tromol (SLHD Provinsi Gorontalo tahun 2011).

Pengolahan emas dilakukan dengan menggunakan tromol dan pendulangan. Pemutaran pasir emas menggunakan tromol untuk mengolah endapan emas primer maupun sekunder, sedangkan pendulangan untuk endapan emas aluvial. Kedua cara pengolahan tersebut dilakukan dengan proses amalgamasi yaitu menggunakan merkuri (Hg) sebagai media untuk mengikat bijih emas. Limbah proses pengolahan emas ini kemudian disalurkan ke perairan hingga ke muara sungai Taluduyunu (SLHD Provinsi Gorontalo tahun 2011).

Buangan limbah pengolahan emas yang dikelola secara tradisional mengandung unsur logam berat merkuri (Hg) yang dapat mencemari lingkungan dan pada akhirnya berpengaruh terhadap kehidupan flora dan fauna, mengancam keragaman spesies dan ekosistemnya. Sementara di perairan terdapat komponen rantai makanan yang merupakan bagian dari ekosistem perairan sungai hingga ke kawasan pesisir dan laut.

Keberadaan logam berat merkuri dalam sistem rantai makanan menyebabkan terjadinya bioakumulasi logam berat dalam tubuh organisme pada sistem rantai makanan tersebut. Bioakumulasi merupakan proses peningkatan konsentrasi logam berat dalam tubuh makhluk hidup sesuai tingkatan piramida makanan. Makin tinggi struktur tropik satu jenis organisme dalam rantai makanan makin besar pula kadar logam berat yang terkandung dalam tubuh organisme tersebut. Penelitian yang dilakukan pada species burung perairan di pesisir Kabupaten Pohuwato berhasil mengidentifikasi tujuh (7) species burung predator yang mengakumulasi logam merkuri (Utina, *et al.*, 2015). Akumulasi logam berat yang cukup tinggi dalam tubuh burung disebabkan burung predator mengkonsumsi biota air seperti ikan, kepiting, kerang dan moluska yang hidup di perairan tercemar logam berat (Ogola *et al.*, 2002; Baker *et al.*, 2004).

Rantai makanan ekosistem pesisir yang tercemar logam merkuri dapat dirancang dalam suatu model prediktif dengan melibatkan komponen-komponen biotik di ekosistem pesisir yang tercemar merkuri. Komponen biotik dalam rantai makanan di ekosistem pesisir meliputi berbagai species biota air seperti ikan, kerang, kepiting, moluska, dan vegetasi serta burung perairan sebagai salah satu predator puncak. Untuk merumuskan model prediktif rantai makanan yang tercemar merkuri perlu melakukan kajian terhadap kadar konsentrasi merkuri pada jaringan tubuh berbagai organisme serta konsentrasi merkuri pada komponen abiotik yang berhubungan dengan limbah pengolahan penambangan emas tradisional.

Taret penelitian ini untuk memperoleh data biota yang terpapar merkuri yang termasuk dalam komponen biotik rantai makanan ekosistem pesisir. Selanjutnya merumuskan model rantai makanan yang dapat memprediksi cemaran merkuri secara biologis di kawasan pesisir. Model prediktif ini dapat menggambarkan apa yang kelak terjadi, misalnya ancaman merkuri pada sistem ekologi manusia dan keselamatan lingkungan. Hasil penelitian ini diharapkan

menjadi data dasar untuk penelitian lanjut guna pelestarian keanekaragaman hayati dan lingkungan, menjadi bahan pertimbangan pada kebijakan pengelolaan kesehatan lingkungan, sumberdaya mineral serta perencanaan dan pengembangan wilayah berbasis ekologis.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

a. Limbah Merkuri dan Potensi Pencemaran Perairan

Logam cair merkuri (Hg) memiliki kemampuan mengikat logam-logam kecuali besi dan platinum. Penggunaan logam merkuri pada pengolahan emas tradisional secara amalgamasi disebabkan sifat permukaan tekanan (*surface tension*) merkuri yang lebih tinggi dari air tetapi lebih kecil dari emas. Sifat logam ini memungkinkan merkuri dapat menyerap partikel emas. Merkuri juga sebagai medium padat saat emas berikatan dengan merkuri (Krisnayanti, *et al.*, 2012).

Merkuri telah digunakan sejak lama dalam proses amalgamasi, karena lebih efektif, mudah, murah dan tersedia di pasaran. Efektifitas penggunaan merkuri ini juga disebabkan kemampuan merkuri untuk mengikat emas diperkirakan 50-60%. Dalam proses pengolahan emas secara tradisional, logam merkuri dari proses amalgamasi sebagian ikut dibuang bersama partikel lainnya ke badan air, sungai dan selanjutnya ke perairan pesisir laut. Secara global diperkirakan setiap tahun lebih dari 300 ton merkuri menguap ke udara, 700 ton mencemari sungai, danau dan tanah (Speigel, *et al.*, 2010), sementara hasil studi inventory merkuri tahun 2012 secara global lepasan merkuri ke perairan sebagian besar bersumber dari proses penambangan emas secara tradisional atau skala kecil (UNEP, 2013)

Perairan kawasan pesisir dan pantai memiliki konsentrasi merkuri jauh lebih tinggi dibandingkan dengan laut terbuka. Pesisir pantai dan muara yang belum tercemar mengandung kurang lebih 20 ng/L merkuri. Bertambahnya kedalaman akan makin meningkatnya konsentrasi elemen merkuri organik. Konsentrasi merkuri yang berasosiasi dengan sedimen dalam air sungai dan estuari kurang lebih 12 µg/L. Sedimen lautan dan estuaria yang belum tercemar mengandung kurang lebih 0,2 µg/g merkuri atau bahkan kurang (Neff, 2002).

Merkuri memiliki sifat yang mudah larut dan terikat dalam jaringan tubuh organisme air, karena itu kehadirannya di lingkungan perairan telah lama dikenal sebagai pencemar yang sangat berbahaya, bukan saja pada manusia tetapi juga pada biota air dan ekosistem perairan. Pencemaran oleh limbah yang mengandung logam berat merkuri berpengaruh besar terhadap ekosistem setempat disebabkan oleh sifatnya yang stabil dalam sedimen, kelarutannya yang rendah dalam air sehingga mudah diserap dan terakumulasi dalam jaringan tubuh organisme air, baik melalui proses bioakumulasi maupun biomagnifikasi melalui rantai makanan.

Kegiatan penambangan emas secara tradisional oleh rakyat tidak saja mengakibatkan kerusakan pada areal penambangan tetapi memberi dampak pencemaran lingkungan yang

luas. Daerah aliran sungai berupa ruang terbuka menjadi sumberdaya alam yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat, baik penggunaan untuk air permukaan dan air tanah untuk mandi, cuci maupun untuk konsumsi. Aliran air sungai dari hulu hingga perairan pesisir yang tercemar limbah merkuri selain digunakan sebagai habitat biota air dan hewan lainnya digunakan juga oleh masyarakat.

b. Dampak Pencemaran Merkuri pada Organisme

Limbah proses pengolahan bijih emas yang mengandung merkuri dibuang ke badan air sehingga mencemari perairan hingga pesisir. Merkuri yang digunakan dalam proses pengolahan emas sebagian besar akan hilang ke atmosfer dalam bentuk Hg(O), tetapi sekitar 20% tersimpan dalam limbah tanah dan batuan (*tailing*) dari proses penambangan emas. Di dalam tanah Hg(O) teroksidasi menjadi Hg(II) dan mengikuti reaksi kimia tanah sehingga menjadi bentuk yang tersedia dan mudah diserap oleh tanaman dan masuk kedalam rantai makanan. Proses dekomposisi bakteri aerobik dan anaerobik membantu merkuri dalam sedimen berubah menjadi metil merkuri (EPA, 1997).

Monometil-merkuri disingkat metil merkuri terdiri dari metil (CH₃-) yang terikat atom merkuri, rumus kimianya adalah CH₃Hg⁺ (kadang-kadang ditulis sebagai MeHg⁺). Ion metil merkuri larut dalam air dan bersifat toksik. Senyawa organik ini akan terserap oleh jasad renik (biota) perairan, dan dapat menimbulkan dampak biologis sehingga mengakibatkan penurunan kualitas dan kuantitas sumberdaya hayati perairan. Jasad renik yang masuk ke mata rantai makanan ikan, kepiting, kerang, moluska menyebabkan bioakumulasi dalam tubuh biota air tersebut (Kambey *et al.*, 2001; Limbong *et al.*, 2003; Widhiyatna, 2005). Bioakumulasi merkuri dapat terjadi pada burung perairan sebagai predator puncak dalam sistem rantai makanan perairan pesisir.

Merkuri dalam jumlah kecil dalam air laut diserap oleh alga (umumnya sebagai methylmercury). Di ekosistem perairan pesisir, bioakumulasi dan hasil biokonsentrasi di dalam jaringan lemak (adiposa) organisme air pada tingkat trofik berturut-turut adalah: zooplankton, nekton kecil, ikan, kemudian organisme lebih besar yang makan ikan ini juga mengkonsumsi semakin tinggi tingkat merkuri pada ikan. Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar merkuri dalam tubuh ikan dalam bentuk metil merkuri. Bahan kimia ini masuk ke tubuh ikan lewat rantai makanan, dan dalam jumlah terbesar terdapat pada ikan jenis karnivora (Utina, *et al.*, 2015).

Dalam proses ini, predator seperti ikan hiu dan burung pemakan ikan memiliki konsentrasi merkuri yang lebih tinggi dalam jaringan tubuhnya daripada organisme yang mendapat kontak langsung dengan perairan. Kondisi ini memungkinkan akan lebih lama merkuri tersimpan dalam jaringan lemak tubuh organisme predator dan ada peningkatan daya

racun merkuri (Croteau dkk, 2005). Logam berat merkuri yang dikonsumsi bersama makanan akan tersebar ke seluruh jaringan tubuh dan sebagian disimpan sebagai cadangan energi, misalnya dalam organ hati organisme (Moore *et al*, 1986).

c. Model Prediktif Rantai Makanan

Model merupakan representasi atau gambaran, contoh dari suatu konsep atau sistem nyata dengan tujuan untuk menjelaskan hubungan-hubungan penting yang terkait. Dalam pemodelan, model akan dirancang sebagai suatu penggambaran operasi dari suatu sistem nyata secara ideal dapat menunjukkan hubungan komponen-komponen penting. Berdasarkan fungsinya, model prediktif merupakan model yang menunjukkan apa yang akan terjadi bila sesuatu terjadi (Dhillon, 2004; Ackoff *et al*, 1962).

Rantai makanan merupakan sebuah model yang menunjukkan bagaimana energi dan nutrisi bergerak melalui ekosistem, dalam proses makan atau dimakan, energi mengalir dari satu tingkat tropik ke tropik yang lain. Tumbuhan berkhlorofil menggunakan energi cahaya matahari untuk memproduksi karbohidrat untuk makanan, dan dialirkan ke organisme herbivora lain, kemudian karnivora pemangsa herbivora, yang pada gilirannya dimangsa oleh omnivora. Pada tahap akhir, apa pun yang tersisa akan diuraikan oleh dekomposer. Rantai makanan adalah model sederhana dan hanya menampilkan satu jalur transfer energi dan materi. Sebagian besar hewan membutuhkan lebih dari satu sumber makanan untuk bertahan hidup, sehingga berbagai mata rantai makanan berinteraksi membentuk jaring makanan.

Ekosistem yang stabil tergantung pada berbagai kelompok spesies untuk bertahan hidup dalam kondisi biotik dan abiotiknya yang mendukung. Di perairan pesisir hidup berbagai jenis hewan, tumbuhan, dan jasad renik yang membentuk rantai makanan hingga berinteraksi dalam jaring makanan. Di ekosistem pesisir hidup berbagai jenis ikan, kerang, kepiting, udang, dan mikro fauna da flora lainnya yang membentuk rantai makanan dan secara sistemik berinteraksi menjadi jaring-jaring makanan. Ekosistem pesisir tidak lepas dari sistem ekologi di perairan sungai yang bermuara di pesisir.

Pencemaran perairan akibat limbah logam berat merkuri adalah salah satu ancaman bagi keragaman hayati di ekosistem perairan pesisir dan sungai. Di kawasan pesisir yang tercemar logam berat menunjukkan paparan logam berat merkuri pada organ tubuh burung-burung perairan. Penelitian tahun 2013 pada burung-burung perairan di pesisir utara Gorontalo menunjukkan konsentrasi merkuri yang bervariasi. Ini mengindikasikan bahwa biota pesisir yang menjadi rantai makanan burung perairan telah terpapar merkuri (Utina, dan A.S Katili, 2013). Jika kondisi ini berlangsung lama maka dapat terjadi akumulasi logam merkuri dalam tubuh organisme, dan berakibat hilangnya jenis organisme akibat cemaran

yang berdampak pada ekosistem pesisir dan sungai. Dengan demikian dapat dibentuk model prediktif aliran energi dan siklus materi yang terjadi dalam ekosistem pesisir.

BAB 3

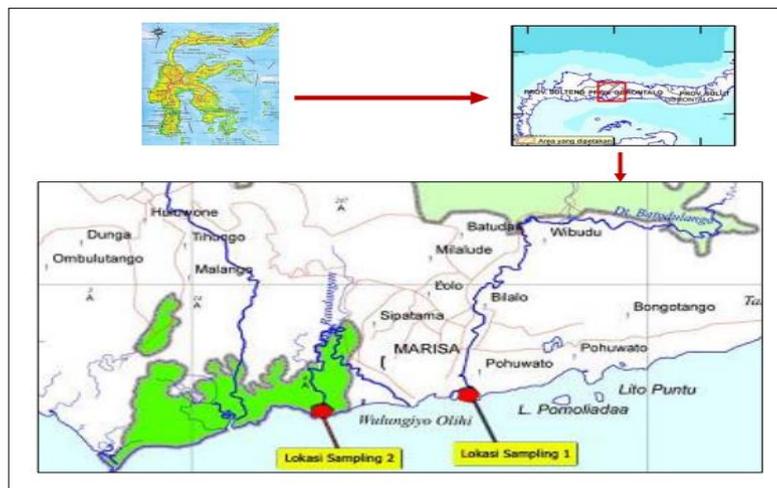
TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Tujuan penelitian tahap terakhir tahun 2016 adalah 1) diperolehnya data spesies biota perairan pesisir yang menjadi makanan burung perairan, serta species mangrove di pesisir (2) diketahuinya kadar merkuri pada jaringan tubuh species biota, dan kadar merkuri pada akar tumbuhan mangrove, dan (3) adanya rumusan model prediktif rantai makanan kawasan pesisir yang tercemar merkuri.

Model prediktif dapat menggambarkan apa yang akan terjadi kemudian, seperti ancaman merkuri pada sistem ekologi manusia dan keselamatan lingkungan sehingga. Karena itu hasil penelitian ini diharapkan menjadi data dasar untuk penelitian lebih lanjut serta informasi bagi pengambil kebijakan dalam rangka perlindungan dan pelestarian keragaman hayati, kesehatan masyarakat serta pengelolaan sumberdaya mineral.

BAB 4 METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode survey. Lokasi penelitian di kawasan pesisir Kabupaten Pohuwato dengan pertimbangan di pesisir ini menjadi lokasi penelitian tahap 1 dimana ditemukan tujuh species burung perairan yang terpapar merkuri. Kawasan hulu sungai Taluduyunu juga menjadi lokasi penambangan emas secara tradisional. Sampel biota yang menjadi mangsa burung perairan terdiri, jenis ikan, crustacea, pelecypoda, dan gastropoda. Pengambilan sampel biota dilakukan di dua lokasi penelitian dalam kawasan DAS Marisa. Lokasi pengambilan sampel I berada pada koordinat $122^{\circ}31'20''$ E, $00^{\circ}85'10''$ N, dan lokasi pengambilan sampel II berada pada koordinat $122^{\circ}46'00''$ E, $00^{\circ}72'01''$ N. Peta lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel

Data primer pada penelitian tahap ke 2 meliputi jenis-jenis biota perairan pesisir yang menjadi mangsa dari burung predator yang ditemukan pada penelitian tahap ke 1 (tahun 2015). Biota tersebut meliputi; jenis ikan, kepiting, kerang, dan moluska serta kadar merkuri pada jaringan tubuh masing-masing jenis biota tersebut. Selain itu dilakukan pula pengambilan data organ akar tumbuhan mangrove di lokasi penelitian. Penanganan awal sampel jaringan tubuh biota dan akar tumbuhan mangrove dilakukan di laboratorium Biologi FMIPA UNG, dan analisis kandungan merkuri dilakukan di laboratorium BARISTAN Makassar. Bahan dan peralatan yang digunakan dalam analisis merkuri terdiri dari: jaringan sampel biota, wadah untuk menyimpan bahan sebelum dilakukan uji laboratorium, kertas

label sampel, dan perangkat *atomic absorption spectrophotometer* (AAS). Data sekunder berupa peta wilayah yang mencakup kegiatan pengolahan penambangan rakyat, dan karakteristik habitat perairan dimana terkonsentrasi biota perairan, burung perairan, dan vegetasi mangrove.

Berdasarkan data kadar merkuri pada biota perairan (tahun 2016) dan hasil penelitian kadar merkuri pada burung perairan (tahun 2015) selanjutnya dirancang model prediktif rantai makanan yang tercemar merkuri di kawasan pesisir. Model rantai makanan ini memasukkan pula data hasil riset yang telah ada sebelumnya maupun dokumen kondisi lingkungan kawasan pesisir. Model rantai makanan ini merupakan produk akhir yang diperoleh yang nantinya dapat dijadikan sebagai dasar memprediksi sebaran merkuri diantara komponen-komponen biologis di kawasan pesisir beserta kemungkinan dampaknya bagi kehidupan manusia.

Luaran penelitian ini adalah model prediktif rantai makanan ekosistem pesisir yang tercemar merkuri, dan dapat memprediksi secara biologis dampak cemaran merkuri terhadap kehidupan manusia dan biota lainnya. Luaran lain yaitu publikasi dalam jurnal nasional atau jurnal internasional, dan buku ajar yang digunakan dalam mata kuliah Ekologi dan Lingkungan Hidup.

Model prediktif rantai makanan ini diharapkan menjadi bahan pertimbangan untuk kebijakan pencegahan dampak kerusakan lingkungan terhadap kesehatan masyarakat, pengelolaan sumberdaya mineral, dan pelestarian satwa.

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum

1. Kondisi geografis

Daerah aliran sungai (DAS) Randangan dan DAS Marisa – Taluduyunu memiliki dua sungai besar yaitu Sungai Randangan sepanjang lebih kurang 95,8 km dan Sungai Taluduyunu sepanjang lebih kurang 38 km. Kedua kawasan DAS ini terletak di Kabupaten Pohuwato dan bermuara di pesisir selatan Kabupaten Pohuwato (Teluk Tomini). Luas DAS sekitar 290.000 ha dengan panjang total sungai utama \pm 115 km. Wilayah DAS ini berada pada daerah dengan topografi berbukit dan bergunung dengan kemiringan lereng $>$ 40 % (Balihristi, Gorontalo).

Di wilayah hulu DAS Randangan terdapat sumberdaya alam yang potensial, seperti pertanian, peternakan dan pertambangan emas yang dikelola oleh masyarakat. Sumberdaya alam di wilayah hulu DAS bila tidak dikelola dengan benar akan memberi konflik bagi kepentingan masyarakat dan keberadaan DAS lainnya termasuk resiko banjir dan sedimentasi. Wilayah hilir DAS ini merupakan daerah potensial bagi pertanian, perikanan dan merupakan sumber air utama untuk mendukung berbagai kegiatan pembangunan di Kabupaten Pohuwato.

Sungai Taluduyunu melintasi desa Buntulia Selatan Kecamatan Marisa Kabupaten Pohuwato. Kondisi fisik sungai Taluduyunu, dengan tingkat kedalaman di bagian hulu dan hilir mencapai 1 m, lebar sungai bagian hulu 90 m dan bagian hilir 20 m. Kecepatan arus 102,3 m³/detik di bagian hulu dan 1,17 m³/detik bagian hilir, debit air cukup besar yang mengalir dari wilayah hulu 102,3 m³/detik bagian hilir 23,4 m³/detik.

Lokasi aliran sungai Taluduyunu dijadikan lahan perkebunan oleh masyarakat. Jenis fauna yang terdapat di kawasan aliran Sungai Taluduyunu antara lain; buaya, ular, rangkong, kelelawar, kera, babirusa, ayam hutan serta biota perairan lainnya. Wilayah pertambangan Gunung Pani berada pada Kawasan Cagar Alam Panua, yang merupakan kawasan lindung burung maleo (*Macrocephalon maleo*). Kawasan bagian timur perbukitan Gunung Pani berupa hutan lebat, bagian barat sebagian tertutup hutan, perladangan dan sebagian berupa pemukiman.

Analisis mutu air Sungai Taluduyunu bagian hulu, tengah dan hilir pada pemantauan tahun 2010 diperoleh indeks pencemaran sedang (Balihristi Gorontalo, 2010). Sedimentasi pasir dan batu pada badan sungai disebabkan adanya sedimen bawaan tailing dari aktivitas

penambangan emas tradisional di bagian hulu serta penambangan bahan galian golongan C di bagian tengah sungai.

2. Kegiatan pertambangan dan limbah

Wilayah Kabupaten Pohuwato terdiri atas satuan batuan vulkanik tersier yang banyak tersebar di beberapa kecamatan, bagian utara lebih didominasi oleh satuan batuan ultrabasa, dan bagian barat didominasi oleh satuan sendimen metamorfik. Dilihat dari sebaran geologi, daerah Pohuwato memiliki sendimen pembawa mineral Au (emas) dan Cu (tembaga).

Lokasi kegiatan penambangan emas tradisional berada di kawasan Gunung Pani. Secara administratif lokasi tersebut berada di sebagian besar wilayah Desa Hulawa Kecamatan Marisa Kabupaten Pohuwato. Secara geografis lokasi penambangan emas terletak di antara $121^{\circ} 59' 36''$ & $122^{\circ} 00' 08''$ BT, $0^{\circ} 33' 17''$ & $0^{\circ} 33' 50''$ LU. Untuk mencapai lokasi kegiatan dapat ditempuh dari Kota Gorontalo menuju ke Kota Marisa dengan menggunakan kendaraan darat berjarak tempuh sekitar 200 km. Selanjutnya dari Kota Marisa menuju lokasi G. Pani dapat ditempuh dengan menggunakan kendaraan khusus lapangan atau sepeda motor atau ojek dengan jarak ± 15 km dan waktu tempuh sekitar 3-4 jam.

Di perbukitan Gunung Pani banyak dijumpai kegiatan penambangan emas. Penambangan dilakukan dengan dua sistem, yaitu tambang dalam dan tambang permukaan. Tambang dalam dengan mengambil urat-urat kuarsa mengandung emas, sedangkan tambang permukaan dengan sistem semprot dan penambangan pada aliran sungai dengan cara mengalirkan air melewati *sluice box* untuk menangkap emas yang hanyut. Pengolahan emas dilakukan dengan dua cara, yaitu menggunakan tromol dan dengan pendulangan. Tromol digunakan untuk mengolah endapan emas primer maupun sekunder, sedangkan pendulangan untuk mengolah endapan emas aluvial. Kedua cara pengolahan tersebut menggunakan proses amalgamasi, yaitu menggunakan merkuri (Hg) sebagai media untuk mengikat emas.

Wilayah penambangan Gunung Pani merupakan daerah perbukitan dengan struktur geologi berupa kubah. Aliran sungai umumnya berhulu di sekitar puncak Gunung Pani, Iloa, Baginite dan Kolokoa. Pola aliran berbentuk radier, dengan arah aliran seluruhnya bermuara dan mengumpul di Sungai Taluduyunu yang mengalir melewati tengah Kota Marisa hingga bermuara di perairan Teluk Tomini. Kondisi ini memungkinkan aliran air sungai yang mengandung logam merkuri dari buangan limbah penambangan emas tradisional dapat mencapai perairan pesisir, dan dapat terjadi bioakumulasi pada puncak rantai makanan ekosistem.

Formasi batuan Gunung Pani secara umum disusun oleh formasi Tinombo, granodiorit Bumbulan, Batuan Gunung Api Pani dan Batuan Breksi Wobudu. Bahan galian berupa endapan emas yang ada di wilayah pertambangan Gunung Pani terdiri dari dua tipe,

yaitu endapan emas primer dan endapan emas sekunder. Endapan emas primer antara lain menempati daerah puncak Gunung Pani, Ilota, Baginite, Dam, Kolokoa, berupa endapan emas epitermal tersebar, dan sebagian berupa urat-urat kuarsa halus. Endapan emas sekunder berupa tanah lapukan (*residual soil*) dari endapan emas primer, endapan emas koluvial pada lereng-lereng puncak bukit dan pada kaki tebing, serta endapan aluvial yang berada pada sepanjang lembah sungai yang berhulu di sekitar Puncak Gunung Pani menerus ke arah hilir sampai Sungai Taluduyunu, Batudulanga dan Sungai Marisa.

Kegiatan penambangan emas di daerah Gunung Pani berlangsung intensif sejak awal tahun sembilan puluhan dengan kedatangan para penambang tradisional dari luar daerah. Puncak kegiatan penambangan berlangsung pada kurun waktu akhir tahun sembilan puluhan, dimana ribuan penambang beroperasi di sekitar puncak perbukitan Gunung Pani. Sebaran endapan emas, mulai dari daerah puncak-puncak bukit sebagai endapan primer, menerus ke arah lereng tebing perbukitan dan lembah aliran sungai sebagai endapan emas sekunder (aluvial), menyebabkan kegiatan penambangan relatif meluas, mengikuti sebaran endapan emas. Dua tipe endapan emas, yaitu tipe urat dan tersebar (*diseminated*), mengikuti sistim penambangan yaitu tambang dalam dan permukaan, demikian pengolahan yang dilakukan dengan menggunakan tromol dan pendulangan. Kedua cara pengolahan tersebut menggunakan proses amalgamasi menggunakan merkuri sebagai media untuk menangkap emas. Pembakaran amalgam untuk menghasilkan bulion emas dilakukan di dekat instalasi tromol, pada sistim pendulangan tidak terdapat tempat pembakaran khusus tetapi umumnya amalgam yang dihasilkan dibawa ke kampung untuk dibakar.

B. Paparan Merkuri dalam Jaringan Tubuh Biota Perairan dan Vegetasi Mangrove

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi 5 species ikan, 3 species pelecypoda, 6 species gastropoda, 1 species custacea, yang menjadi mangsa burung perairan. Hasil uji kandungan merkuri pada biota sampel dideskripsi pada tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Kandungan Merkuri pada Jaringan Tubuh Biota Perairan dan Vegetasi Mangrove di Pesisir Sungai Taluduyunu dan Sungai Randangan Kabupaten Pohuwato

No	Nama kelompok spesies	Rerata Kandungan Merkuri pada Jaringan Tubuh (ppm)	Ket.
1	Pisces (ikan)	0.022	
2	Pelecypoda	0,034	
3	Gatropoda	0.017	
4	Crustacea	0,064	

Keterangan: *) menggunakan metode/teknik uji SNI.01-2896-1998 butir 6

Tabel 5.1 menunjukkan bahwa jenis crustacea merupakan biota yang mengakumulasi lebih tinggi logam merkuri, kemudian pelecypoda, jenis-jenis ikan dan gastropoda.

Kandungan logam merkuri yang terpapar dalam jaringan tubuh biota ini menjadi indikasi adanya kandungan logam merkuri dalam badan air sungai Randangan dan sungai Taluduyunu.

Pada penelitian tahap ke dua ini dilakukan pula pengukuran kandungan merkuri pada akar tumbuhan mangrove di pesisir dan muara sungai Taluduyunu dan Sungai Randangan. Jenis mangrove yang dominan di kawasan ini terdiri dari *Rhizophora* sp, *Avicenia* sp, *Sonneratia* dan *Bruguiera*. Rerata kandungan merkuri pada jenis-jenis mangrove sebesar 0,052 ppm. Hal ini menunjukkan kemungkinan terjadi paparan logam merkuri pada organisme lain yang menjadi komponen rantai makanan dalam ekosistem mangrove.

Penelitian tahap pertama (2015) menemukan 7 (tujuh) species burung perairan pesisir yang mencari mangsa di perairan pesisir Sungai Taluduyunu dan Sungai Randangan. Spesies burung serta rerata kadar merkuri yang terpapar pada organ tubuhnya, yaitu: *Tringa glareola* (0,3537ppm), *Butorides striatus* (0,1070 ppm), *Himantopus leucocephalus* (0,5756 ppm), *Anas gibberifrons* (0,0962 ppm), *Todirhamphus chloris* (2,3447 ppm), *Numenius phaeopus* (0,2961 ppm), dan *Nycticorax nycticorax* (0,2484 ppm). Spesies burung perairan ini memangsa berbagai biota di perairan pesisir dan muara sungai seperti jenis-jenis ikan, crustacea, pelecypoda, dan gastropoda. Penelitian tahap kedua (2016) menemukan 15 spesies biota yang hidup di perairan pesisir dan muara Taluduyunu dan Sungai Randangan yang terpapar merkuri dalam jaringan tubuhnya. Badan air kedua sungai ini pula mengandung kadar merkuri sebagai dampak dari pembuangan limbah penambangan emas tradisional di kawasan hulu sungai.

Kandungan merkuri yang terakumulasi pada jaringan tubuh burung perairan pesisir diprediksi bersumber dari biota perairan pesisir yang menjadi mangsa burung perairan. Biota perairan seperti ikan, crustacea, pelecypoda dan gastropoda adalah bagian dari komponen rantai makanan burung perairan. Burung merupakan predator puncak pada ekosistem ini sehingga memungkinkan burung mengakumulasi merkuri pada jaringan tubuhnya. Karena itu dapat diprediksi rantai makanan perairan pesisir yang tercemar merkuri.

Perairan sungai Taluduyunu dan sungai Randangan bermuara ke perairan pesisir pantai Selatan Kabupaten Pohuwatio, di pesisir ini merupakan kawasan hutan mangrove. *Rhizophora* sp dan *Avicennia* sp *Bruguiera* dan *Sonneratia* merupakan spesies mangrove yang dominan di kawasan pesisir ini. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya kandungan logam merkuri pada akar mangrove ini, sehingga dapat diprediksi paparan merkuri pada akar mangrove bersumber dari merkuri pada badan air dari kedua sungai ini.

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya penambangan emas tradisional yang menggunakan logam merkuri untuk proses amalgamasi, yang kemudian menghasilkan limbah yang dibuang ke saluran hingga ke badan air sungai Taluduyunu dan sungai Randangan. Di

perairan sungai hingga ke muara dan pesisir hidup berbagai biota seperti jenis ikan, krustase, kerang dan moluska. Di pesisir ini merupakan kawasan hutan mangrove dimana pula menjadi habitat bagi beberapa jenis biota perairan, sementara berbagai species burung perairan sebagai predator puncak mencari makan berbagai biota di perairan, sehingga memungkinkan burung mengakumulasi merkuri pada tubuhnya. Rantai makanan perairan pesisir yang tercemar merkuri dapat dibentuk dalam model prediktif.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan.

- a. Dapat diidentifikasi 15 species biota perairan yang termasuk dalam klas fishes, pelesypoda, custacea, gastropoda, dan 4 species mangrove.
- b. Ke limabelas species biota perairan dan 4 species mangrove ini terpapar logam berat merkuri.
- c. Species biota perairan pesisir dan burung-burung perairan sebagai pemangsa biota diprediksi membentuk rantai makanan di kawasan pesisir yang tercemar merkuri.

6.2. Saran

- a. Pengambilan jenis burung harus memperhatikan pula status konservasi jenis burung sampel.
- b. Hasil penelitian ini digunakan sebagai data base bagi pengambilan kebijakan pengelolaan lingkungan hidup, pencemaran perairan dan penyelamatan sumberdaya hayati.

DAFTAR PUSTAKA

- Balihristi, Provinsi Gorontalo. 2011. *Status Lingkungan Hidup Daerah (SLHD) Provinsi Gorontalo Tahun 2011*.
- Baker, R. F., P.J. Blanchfield, M.J. Paterson, R.J. Flett, & L. Wesson. 2004. Evaluation of nonlethal methods for the analysis of mercury in fish tissue. *Transac. Am. Fish. Soc.* 133: 568-576.
- Dhillon, S.S., Jasbir Singh. 2004. *Agricultural Geography*. 3rd edition. Tata Mc.Grew-Hill Education. New Delhi. 492 pages.
- Halstead, B.W. 1972. *Toxicity of marine organisms caused by polutanst in marine polutanst and sea life*. FAO. Fishing News (Book) Ltd Sureey England. 584-594.
- Kambey, J.L., A.P. Farrel, & L.I. Bendell-Young. 2001. Influence of illegal gold mining on mercury levels in fish of Nort Sulawesi's Minahasa Peninsula (Indonesia). *Environ. Pollution J.* 114: 299-302.
- Limbong D., J. Kumampung, J. Rimper, T. Aria and N. Miyasaki. 2003. Emission and environmental implications of mercury from artisanal gold mining in North Sulawesi, Indonesia. *Science of Total Enviroment J.* 302: 227-236.
- Moore, S.J., J.D. Norris, & I.K. Ho. 1986. The efficacy of ketoglutaric acid in the antagonism of cyanide intoxication. *Toxicol Appl Pharmacol. J.* 82: 40-44.
- Ogola, J.S., W. V. Mitulla, & M.A. Omulo, 2002. Impact of gold mining on the invironment and human health. *Environmental Geochemistry and Health J.* 24: 141-158.
- Speigel, S.J., et al., 2010. International Guidelines on Mercury Management in Small-scale Gold Mining: Identyfing Strategies to Manage Environmental Risks in Southern Equador. *Journal of Cleaner Production*, 1-9.
- UNEP, 2013. *Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport*. UNEP Chemicals Branch. Geneva, Switzerland.
- Utina, R., A.S. Katili, 2013. Inventory of Waterbird Species Which Accumulate Mercury From Mining Waste of Coastal Area North Gorontalo Regency, Indonesia. *Proceeding of International Conference on Research, Implementation and Education of Mathematics and Sciences 2014, Yogyakarta State University*.
- UU Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup. Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia, Jakarta.
- WHO. 2004. Hydrogen cyanide and cyanides : Human health aspects; Conicies Internatonal Chemical Assesment dokumen 61. Geneva

Lampiran I:
Instrumen penelitian

Lampiran II.

Personalia Tenaga Peneliti Beserta Kualifikasinya

No	Nama / NIDN	Instansi Asal	Jabatan	Kualifikasi/ Bidang Ilmu
1	Prof. DR. Ramli Utina, M.Pd / 0004085507	Universitas Negeri Gorontalo	Ketua Peneliti	Ekologi dan Lingkungan Hidup
2	Abubakar Sidik Katili, S.Pd, M.Sc / 0017067905	Universitas Negeri Gorontalo	Anggota	Biologi dan Ekologi
3	Drs. Musamin Ibrahim, M,Si/ 0016066804	Universitas Negeri Gorontalo	Anggota	Biologi/ Zoologi

Biodata Ketua Tim Peneliti

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Prof. Dr. Ramli Utina, M.Pd
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Jabatan Fungsional	Guru Besar bidang Ekologi dan Lingkungan Hidup
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	19550408 198111 1 001
5	NIDN	0004085507
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Gorontalo, 8 April 1955
7	E-mail	ramli.utina@ung.ac.id
8	Nomor Telepon/HP	081328432839
9	Alamat Kantor	Jurusan Biologi, FMIPA Univ.Negeri Gorontalo, Jln Jend.Sudirman No. 6 Kota Gorontalo-96128
10	Nomor Telepon/Faks	-
11	Lulusan yang Telah Dihasilkan (5 thn terakhir)	75 sarjana (S 1 Biologi); 40 magister (S2 PKLH/Biologi/Dikdas - Sains)
12	Mata Kuliah yg Diampu	Ekologi (S1); Biologi Umum (S1); Pengetahuan Lingkungan (S1); Ekologi Hewan (S2); Ekologi Umum (S2);

B. Riwayat Pendidikan

Jenjang	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Sam Ratulangi	IKIP Negeri Jakarta	Universitas Negeri Jakarta
Bidang Ilmu	Biologi	Pend.Kependudukan dan Lingkungan Hidup	Pend. Kependudukan dan Lingkungan Hidup
Tahun Masuk-Lulus	1983 – 1985	1995 – 1998	1999 – 2004
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	Pengaruh Gizi Terhadap Prestasi Anak Usia Sekolah di SDN Oluhuta Kabupaten Gorontalo	Indeks Mutu Hidup Masyarakat Pesisir di Kabupaten Gorontalo	Pengaruh Pendekatan Penyuluhan Konservasi dan Tingkat Pendidikan Terhadap Pengetahuan Masyarakat Pesisir tentang Konservasi Sumberdaya Alam Pesisir di Kecamatan Kwandang dan Kec. Marisa, Kab. Gorontalo.
Nama Pembimbing/ Promotor	Dra. W. Kalalo; Drs. S.A. Lawalata	Prof. DR. I Made Putrawan;	Prof. DR. I Made Putrawan;

		Prof. DR. Lysna Lubis.	Dr. Hasballah M. Saad
--	--	------------------------	-----------------------

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2015	Inventarisasi Spesies Burung Perairan dan Model Prediktif Rantai Makanan Kawasan Pesisir Tercemar Merkuri Limbah Pertambangan Rakyat di Kabupaten Pohuwato	Hibah Bersaing Tahap 1/ Dikti	65.000.000
2	2013	Deskripsi Jumlah Individu Kepiting Bakau (<i>Scylla sp.</i>) Serta Hubungannya dengan Faktor 3Lingkungan di Ekosistem Mangrove Desa Bulalo Kab. Gorontalo Utara	PNBP UNG	5.000.000
3	2013	Inventarisasi Vertebrata Spesies Burung di Kawasan Pesisir yang Mengakumulasi Merkuri dari Limbah Pertambangan Rakyat Kabupaten Gorontalo Utara	Fundamental - BOPTN	50.000.000
4	2013	Analisis Dampak Pertumbuhan Penduduk Terhadap Daya Dukung Lingkungan di Provinsi Gorontalo	BKKN Provinsi Gorontalo	15.000.000
5	2012	Eksplorasi Pengetahuan Lokal Etnomedisin dan Tumbuhan Obat di Indonesia Berbasis Komunitas Etnis di Provinsi Gorontalo	Balitbangkes Kemenkes RI	375.000.000
6	2012	Struktur dan Komposisi Mangrove Asosiasi di Kawasan Pesisir Utara dan Pesisiri Selatan Gorontalo.	Program I-MHERE Jurusan Biologi	30.000.000
7	2010	Kadar Kolesterol Total, Kolesterol LDL dan HDL Rattus norvegicus I Hiperkholesteremia yang diberi Ekstrak Sarang Semut (<i>Myrmecodia pendans</i>).	Program I-MHERE Jurusan Biologi	30.000.000
8	2009	Hemostasis dan Profil Darah Mencit (<i>Mus musculus</i>) Jantan yang Diberi Infus Sarang Semut (<i>Myrmecodia pendans</i>).	Program I-MHERE Jurusan Biologi	30.000.000
9.	2008	Pemantapan Kawasan Hutan Taman Nasional Bogani- Nani Wartabone Untuk Pemanfaatan SDA Bagi Kesejahteraan Masyarakat	Bappeda Prov. Gorontalo	300.000.000
10	2007	Kajian Revisi Garis Batas Taman Nasional Bogani Nani Wartabone.	Bappeda Prov. Gorontalo	250.000.000

* sumber pendanaan dari skema penelitian DIKTI dan dari sumber lainnya.

D. Pengalaman Pengabdian kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Rp)
1	2014 - 2015	Rehabilitasi Mangrove dan Pemberdayaan Perempuan Pesisir melalui Pengolahan Pangan Berbasis Buah Mangrove di Desa Torosiaje Kabupaten Pohuwato, Gorontalo	Hibah Kompetitif – Danida Denmark melalui Program <i>Mangrove for the Future</i> (MFF) – WII dan Bappenas RI	248.000.000
2	2014	KKS-Pengabdian: Pemanfaatan Ekosistem Mangrove sebagai Media dan Sumber Belajar IPA Biologi di	PNBP	25.000.000

		Sekolah sekitar Kawasan Mangrove		
3	2013	KKN-PPM: Pengelolaan Ekosistem Pesisir dan Pelestarian Nilai-Nilai Kearifan Lokal Suku Bajo Melalui Pengembangan Kelompok Sadar Lingkungan dan Pembuatan Laboratorium Alam	DP2M-Dikti	98.000.000
4	2012	<i>Tipologi Ekosistem dan Kerawannya:</i> Pelatihan Penilai AMDAL, kerjasama PSL UNG, BALIHRISTI Prov. Gorontalo, dan PPLH-UNHAS	Lemlit UNG-Balihristi Prov.Gorontalo	
5	2012	<i>Lingkungan Hidup dan Pariwisata:</i> Pembekalan Finalis Pemilihan Putri Pariwisata Provinsi Gorontalo 2012	Dinas Pariwisata Prov. Gorontalo	500.000
6	2011	<i>Lingkungan Hidup dan Pariwisata:</i> Pembekalan Pemilihan Putri Pariwisata Provinsi Gorontalo 2011	Dinas Pariwisata Prov. Gorontalo	500.000
7	2010	Pemateri bidang <i>Ekologi</i> pada Diklat UASBN Guru IPA Sekolah Dasar Provinsi Gorontalo	Dinas Dikpora Prov. Gorontalo	250.000
8	2007	<i>Konservasi Lingkungan Hidup Berbasis Lokal:</i> Intermediate Training HMI se Indonesia bagian Utara	Mandiri	
9	2007	<i>Pengelolaan Tata Ruang Dalam Upaya Pelestarian Lingkungan Hidup, Mind Setting Pengelolaan Lingkungan Hidup:</i> Diklat Pengelola, Pengawas dan Mind Setting Pengelola Lingkungan Hidup, Balihristi Provinsi Gorontalo	Balihristi Prov. Gorontalo	300.000
10	2007	<i>Konservasi Sumberdaya Alam Berbasis Lokal:</i> Musyawarah Ikatan Himpunan Mahasiswa Biologi Wilayah Sulawesi di Gorontalo	HIMABI UNG	250.000

*Sumber pendanaan dari skema pengabdian kepada masyarakat DIKTI dan dari sumber lainnya.

E. Publikasi Artikel Ilmiah dalam Jurnal 5 Tahun Terakhir

No	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/Tahun
1	Strategi Pendidikan Konservasi Ekosistem Laut dan Pesisir	Matsains	Vol 1/139-15-/2007
2	Bapongka Dalam Komunitas Bajo: Studi Nilai-nilai Pendidikan Konservasi Ekosistem Laut dan Pesisir	Matsains	Vol 1/11-26/2008
3	Global Warming; Impact and Its Minimizing Solutions	Saintek	Vol 3/311-322/2009

F. Pemakalah Seminar Ilmiah (Oral Presentation) dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	<i>International Conference on Biodiversity (Keynote speaker)</i>	<i>Strategy of Conservation Coastal Biodiversity Through Strengthening the Basic of Education (A strategy for rural elementary school)</i>	2016, August; State University of Gorontalo
2	Seminar Nasional Biosains 2. Universitas Udayana, Denpasar Bali	Spesies Burung Perairan yang Terpapar Merkuri dari Limbah Penambangan Emas Tradisional di Kabupaten Pohuwato	2015; Biologi-Fakultas MIPA dan Biologi- PPs Univ. Udayana.
3	<i>International Conference On Mathematic, Natural Sciences</i>	<i>Restoration Mangrove Ecosystem Through Scientific Values Strengthening of bajou Local</i>	2015; Faculty of Mathematics and Natural Sciences,

	<i>and Education.</i>	<i>wisdom In Torosiaje Gorontalo</i>	<i>State University of Manado</i>
4	Seminar Nasional Biosains 1 Universitas Udayana-Denpasar Bali	Konservasi Hutan Mangrove Melalui Diversitas Pangan Olahan Buah Mangrove Di Pesisir Kabupaten Pohuwato Gorontalo	2014; Biologi-Fakultas MIPA dan Biologi -PPs Univ. Udayana.
5	<i>International Conference On Research, Implementation, and Education of Mathematics and Sciences</i>	<i>Inventory of Waterbird Species Which Accumulate Mercury from Mining Waste in Coastal Area North Gorontalo Regency, Indonesia</i>	<i>2014; Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Yogyakarta</i>
6	Seminar/ Musyawarah Ikatan Himpunan Mahasiswa Biologi Wilayah Sulawesi	Konservasi Sumberdaya Alam Berbasis Lokal	2013, IKAHIMBI Wil.Sulawesi
7	Seminar Nasional dan Konferensi ke 21 Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan Indonesia (BKPSL)	Kecerdasan Ekologis Dalam Kearifan Lokal Masyarakat Bajo Desa Torosiaje Provinsi Gorontalo.	2012, Universitas Mataram
8	Seminar Ilmiah Universitas Negeri Gorontalo	Ekosistem dan Gelombang Tsunami	2011, FMIPA UNG
9	Seminar Ilmiah Universitas Negeri Gorontalo	Pemanasan Global	2010, Universitas Negeri Gorontalo
10	Seminar Nasional Jalur Hijau Daerah Pesisir Mangrove di Teluk Tomini	Strategi Konservasi Ekosistem Mangrove di Teluk Tomini Gorontalo	2010, Universitas Negeri Gorontalo
11	Scientific Seminar, co-operation between Ehime University Japan and Gorontalo State University	<i>The Global Warming: challenges for teacher</i>	2010, Gorontalo State University
12	Seminar Nasional dan Konferensi ke 20 Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan Indonesia (BKPSL)	Strategi Pendidikan Konservasi Sumberdaya Alam Pesisir (Perspektif masyarakat Taman Nasional Bogani-Nani Wartabone)	2010, Universitas Riau.
13	Seminar Nasional dan Konferensi ke 19 Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan Indonesia (BKPSL)	Persepsi Masyarakat terhadap Potensi Mineral di Area Konservasi Taman Nasional Bogani- Nani Wartabone, Gorontalo	2008, Unsrat Manado

G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1	Ekologi dan Lingkungan Hidup (ISBN; 978-979-1340-13-7)	2008	257	UNG Press
2	Pendidikan Lingkungan Hidup dan Konservasi Sumberdaya Alam Pesisir (ISBN: 978-979-179-79-13)	2007	129	UNG Press

H. Perolehan HKI dalam 5–10 Tahun Terakhir

No	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
	-	-	-	-

I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
1	Penyusunan Pola Siaran RRI Gorontalo Tahun 2012	2011	LPP-RRI Gorontalo	Baik

2	Status Lingkungan Hidup Daerah Prov. Gorontalo tahun 2009	2009	Provinsi Gorontalo	Baik
---	---	------	--------------------	------

J. Penghargaan dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Satyalancana Karya Satya 30 Tahun	Pemerintah RI	2012

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam laporan Hibah Penelitian.

Gorontalo, 29 Oktober 2016
Ketua Tim Pengusul,

(Prof. Dr. Ramli Utina, M.Pd)

Biodata Anggota Tim Peneliti/Pelaksana

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Abubakar Sidik Katili, S.Pd, M.Sc
2	Jenis Kelamin	Laki-Laki
3	Jabatan Fungsional	Lektor
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	197906172003121003
5	NIDN	0017067905
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Gorontalo, 17 – 06 – 1979
7	E-mail	d.katili@yahoo.co.id diky@ung.ac.id dikykatili@gmail.com
8	Nomor Telepon/HP	0435828327/085240280650
9	Alamat Kantor	Jl. Jend. Sudirman No. 6 Kota Gorontalo
10	Nomor Telepon/Faks	(0435) 821125, 825754
11	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1 = 35 orang; S-2 = - orang; S-3 = - orang
12	Mata Kuliah yg Diampu	1. Ekologi 2. Biodiversitas dan Konservasi 3. Biostatistika 4. Zoologi Invertebrata 4. Zoologi Vertebrata 5. Manajemen Lingkungan 6. Kesehatan Lingkungan Pesisir dan Pantai 7. Ilmu Alamiah Dasar

B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2
Nama Perguruan Tinggi	IKIP Neg. Gorontalo	UGM - Yogyakarta
Bidang Ilmu	Pendidikan Biologi	Ilmu Biologi - Ekologi
Tahun Masuk-Lulus	1998 - 2003	2006 - 2009
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	Pengaruh Ekstrak rimpang kunyit (<i>Curcuma domestica</i>) terhadap pertumbuhan bakteri <i>Escherichia coli</i>	Struktur komunitas dan pola zonasi mangrove serta hubungannya sebagai sumber daya hayati pesisir Di wilayah Kwandang Provinsi Gorontalo
Nama Pembimbing/Promotor	Dra. Lintje Boekoesoe, M.Kes Drs. Junan Paris, M.Pd	Prof. DR. Retno Peny Sancayaningsih, M.Sc

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1.	2009	Struktur Vegetasi Mangrove di Kecamatan Kwandang Kabupaten Gorontalo Utara	PNBP - UNG	Rp. 6.000.000
2.	2010	Struktur Komunitas <i>Echinodermata</i> Pada Zona Intertidal Di Kawasan Pantai Selatan dan Pantai Utara Gorontalo	IM-HERE	Rp. 30.000.000
3.	2011	Persepsi masyarakat terhadap pelestarian Cagar alam panua sebagai kawasan konservasi	IM-HERE	Rp. 30.000.000
4.	2012	Komposisi dan Struktur Vegetasi Tumbuhan Mangrove Asosiasi Di Kawasan Pesisir Kwandang Kabupaten Gorontalo Utara Dan Kawasan Pesisir Mananggu	IM-HERE	Rp. 30.000.000

5.	2013	Inventarisasi Vertebrata Spesies Burung Di Kawasan Pesisir Yang Mengakumulasi Merkuri Dari Limbah Pertambangan Rakyat Kabupaten Gorontalo Utara	BOPTN	Rp. 50.000.000
6.	2013	Deskripsi perbedaan jumlah individu kepiting bakau <i>Scylla serrata</i> dan <i>uca sp</i> serta hubungannya dengan faktor lingkungan pada ekosistem mangrove di desa Bulalo kecamatan kwandang Kabupaten Gorontalo Utara	DIPA - PASCASARNA UNG	Rp. 15.000.000

* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema penelitian DIKTI maupun dari sumber lainnya.

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1.	2010	AMDAL, Rencana pembangunan Perkebunan dan Pabrik Kelapa Sawit PT. Wira Sawit Mandiri Kab. Pohuwato, Provinsi Gorontalo, (Komponen Biologi).	PT. Wira Sawit Mandiri	Rp. 500.000.000
2.	2011	Pembekalan Program Sarjana Penggerak Pembangunan Pedesaan (PSP-3)	Kemenpora – R.I	Rp.
3.	2011	Tim Ahli Risert Kondisi Ekologi-Lingkungan Mangrove & Pemodelan Wilayah Pesisir Kabupaten Bolang Mondow Utara, Propinsi Sulawesi Utara.	Pemda Kabupaten Bolang Mondow Utara, Propinsi Sulawesi Utara.	Rp. 300.000.000
4.	2012	Peningkatan Kesadaran Masyarakat Bantaran Sungai Bulango Terhadap Dampak Pencemaran Akibat Pertambangan Terhadap Kesehatan Manusia Dan Lingkungan	BAPPEDAS – Kab. Bone Bolango	Rp. 1.000.000
5.	2012	Studi Kelayakan Rencana Pembangunan Perkebunan dan Pabrik Kelapa Sawit PT. Umekah Makmur, di Kabupaten Gorontalo Utara, Provinsi Gorontalo.	PT. Umekah Makmur	Rp. 300.000.000
6.	2012	AMDAL Terpadu Pembangunan Pltu Molotabu 2 X 10 MW, Jaringan Transmisi 150 Kv, Dan Jetty PT. Tenaga Listrik Gorontalo (Komponen Biologi) Provinsi Gorontalo.	PT. Tenaga Listrik Gorontalo	Rp. 500.000.000
7.	2012	Analisis Mengenai Dampak Lingkungan rencana pembangunan Perkebunan dan Pabrik Kelapa Sawit PT. Agro Artha Surya (Komponen Biologi), di Kabupaten Boalemo Provinsi Gorontalo.	PT. Agro Artha Surya	Rp. 500.000.000
8.	2012	Studi Kelayakan Komponen Hidrologi PT. Gorontalo Minerals, di Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo.	PT. Gorontalo Minerals	Rp. 500.000.000
9.	2013	Analisis Mengenai Dampak Lingkungan rencana pembangunan Perkebunan dan Pabrik Kelapa Sawit PT. Swadaya Gemilang Indonesia Jaya (Komponen Biologi), di Kabupaten Boalemo Provinsi Gorontalo	PT. Swadaya Gemilang Indonesia Jaya	Rp. 500.000.000
10.	2013	Pengelolaan ekosistem pesisir Dan pelestarian nilai-nilai kearifan lokal suku bajo Melalui pengembangan kelompok	BOPTN	Rp. 97.000.000

	sadar lingkungan (KSL) dan pembuatan laboratorium alam		
--	--	--	--

* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema pengabdian kepada masyarakat DIKTI maupun dari sumber lainnya.

E. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal alam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/Tahun
1.	Penurunan Jasa (Servis) Ekosistem sebagai pemicu meningkatnya perubahan iklim global	Jurnal Ilmiah Forum Mahasiswa Pascasarjana Gorontalo (PMPG) Yogyakarta "Pelangi Ilmu"	Vol.1 No. Mei 2008
2.	Energi pada organisme prokariotik (ATP/Adenosin Tri Fosfat)	Jurnal Ilmiah Forum Mahasiswa Pascasarjana Gorontalo (PMPG) Yogyakarta "Pelangi Ilmu"	Vol.1 No. 02 Januari/2009
3.	Kebijakan pemanfaatan dan pengawasan dalam pengelolaan sumber daya alam	Jurnal Ilmiah Jurusan Hukum & Kemasyarakatan UNG "Legalitas"	Vol. 2 No. 01 Februari/2009
4.	Struktur Vegetasi Mangrove Di Kecamatan Kwandang Kabupaten Gorontalo Utara	Jurnal Ilmiah Forum Mahasiswa Pascasarjana Gorontalo (PMPG) Yogyakarta "Pelangi Ilmu"	Vol. 2 No. 06 September/2009
5.	Aspek Hukum Restorasi Ekosistem	Jurnal Ilmiah Jurusan Hukum & Kemasyarakatan UNG "Legalitas"	Vol. 3 No. 01 Febuari 2010
6.	Struktur Komunitas <i>Echinodermata</i> Pada Zona Intertidal di Gorontalo	Jurnal Ilmiah Lembaga Penelitian – UNG "Penelitian dan Pendidikan"	Vol. 8 No. 01 Maret/2011
7.	Peranan aspek sosial ekonomi hutan mangrove dalam mendukung pembangunan wilayah pesisir	Jurnal Ilmiah Lembaga Penelitian – UNG "Sainstek"	Vol. 6 No. 02 Juli/2011
8.	Deskripsi Pola Penyebaran dan Faktor Bioekologis Tumbuhan Paku (<i>Pteridophyta</i>) di Kawasan Cagar Alam Gunung Ambang Sub Kawasan Kapupaten Bolaang Mongondow Timur	Jurnal Ilmiah Lembaga Penelitian – UNG "Sainstek"	Vol. 6 No. 02 Juli/2013
9.	Inventory of Water Bird Species Which Accumulate Mercury from Mining Waste in Coastal Area North Gorontalo Regency, Indonesia	International Journal of Waste Resources Int J Waste Resources 2014,4:1	http://dx.doi.org/10.4172/2252-5211.1000132

F. Pemakalah Seminar Ilmiah (Oral Presentation) dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
--	--	--	--

G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
--	--	--	--	--

H. Perolehan HKI dalam 5–10 Tahun Terakhir

No	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
--	--	--	--	--

I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
--	--	--	--	--

J. Penghargaan dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
--	--	--	--

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam laporan Hibah Penelitian.

Gorontalo, 29 Oktober 2016
 Anggota Tim Pengusul,



(Abubakar Sidik katili, S.Pd, M.Sc)

Anggota 2:**A. Identitas Diri**

1.	Nama Lengkap (dengan gelar)	Drs. Mustamin Ibrahim, M. Si
2.	Jenis Kelamin	Laki-laki
3.	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
4.	NIP/NIK/Identitas lainnya	19680616 200501 1 002
5.	NIDN	0016066804
6.	Tempat dan Tanggal Lahir	Ujung Pandang, 16 Juni 1968
7.	E-mail	tamin@ung.ac.id
8.	Nomor Telepon/HP	HP. 081340311378
9.	Alamat Kantor	Jurusan Biologi, FMIPA Univ.Negeri Gorontalo, Jln. Jend.Sudirman No. 6 Kota Gorontalo-96128
10.	Nomor Telepon/Faks	Telp. (0435) 821125; Faks (0435) 821752
11.	Lulusan yang Telah Dihasilkan (5 thn terakhir)	125 sarjana (Pend.Biologi)
12.	Mata Kuliah yg Diampu	a) Biologi Sel (S1); b) Pengetahuan Lingkungan (S1) c) Perkembang Hewan (S1); d) Fisiologi Hewan (S1);

B. Riwayat Pendidikan

Jenjang Pendidikan	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	IKIP Makassar	ITB Bandung	
Bidang Ilmu	Pendidikan Biologi	Biologi Sel dan Perkembangan	
Tahun Masuk-Lulus	1986 - 1992	1997 – 2000	
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	Pengaruh Rhizogin terhadap pertumbuhan dan kandungan N Total tanaman Kedelai	Efek Asam Metoksiasetat terhadap viabilitas embrio mencit tahap pasca Implanasi Implantasi (<i>Mus musculus</i>) Swiss Webster	
Nama Pembimbing/Promotor	Drs. Abd. Rahman Gassing Drs. Ismail, MS	Prof. DR. Sri Sudarwati Dr. Sony Heru Sumarsono	

Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1.	2008	Pengaruh Ekstrak Paria terhadap fertilitas mencit jantan	Program IMHERE Jurusan Biologi	30.000.000
3.	2012	Struktur dan Komposisi Mangrove Asosiasi di Kawasan Pesisir Utara dan Pesisir Selatan Gorontalo.	Program IMHERE Jurusan Biologi	30.000.000

* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema penelitian DIKTI maupun dari sumber lainnya.

C. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1.	2008	<i>Pelatihan teknik pemotongan sirip ikan nila di desa iluta kabupaten Gorontalo</i>	Universitas Negeri gorontalo	Rp. 1.500.000
2.	2010	Tim Pemantau Independen Ujian Nasional	Universitas Negeri Gorontalo	
3.	2011	Penanaman Mangrove desa Torosiaje	Universitas Negeri Gorontalo	

* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema pengabdian kepada masyarakat DIKTI maupun dari sumber lainnya.

D. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal alam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/Tahun
3	Pengaruh Asam metoksi asetat terhadap embrio mencit tahap pra implantasi	Saintek	

E. Pemakalah Seminar Ilmiah (Oral Presentation) dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat

F. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit

G. Perolehan HKI dalam 5–10 Tahun Terakhir

No	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
	--			

H. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat

I. Penghargaan dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan hibah KKN-PPM.

Gorontalo, 16 Maret 2013

Ketua,



Drs. Mustamin Ibrahim, M. Si

Lampiran III:

1. HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (Hak Cipta Manuskrip Artikel Ilmiah)

INVOICE NO. 1610170
(Pendaftaran Hak cipta Artikel Ilmiah)

Tanggal : 14 Oktober 2016

Ditagihkan kepada:

PROF. DR. RAMLI UTINA, M.PD

Jl. Sawah Besar, Rt 003/Rw 005, Kelurahan Heledulaa Utara, Kecamatan
KotaJl. Sawah Besar, Rt 003/Rw 005, Kelurahan Heledulaa Utara,
Kecamatan KotaJl. Sawah Besar, Rt 003/Rw 005, Kelurahan Heledulaa
Utara, Kecamatan Kota Timur, Kota Gorontalo

Deskripsi	Normal Price
- Pendaftaran Hak Cipta Hak Cipta MANUSKRIP ARTIKEL ILMIAH, atas nama Perorangan Rp. 2.500.000,-	
After Disc. Price	After Disc. Price
	Rp. 1.750.000,-
- Pencetakan Sertifikat Hak Cipta Pencetakan Sertifikat Hak Cipta	
	Rp. 250.000,-
	Sub Total Rp. 2.000.000,-
	TOTAL Rp. 2.000.000,-

Tanggal Transaksi	Metode Pembayaran	Jumlah
23 Oktober 2016	Transfer Bank	Rp. 2.000.000,00

Terimakasih.

Hak Cipta Manuskrip Artikel Ilmiah

SPEIES BURUNG PERAIRAN PESISIR YANG TERPAPAR MERKURI LIMBAH PENAMBANGAN EMAS TRADISIONAL DI KABUPATEN POHUWATO GORONTALO

WATER BIRD SPECIES WHICH EXPOSED To MERCURY FROM ARTISANAL GOLD MINING WASTE In POHUWATO REGENCY GORONTALO

Ramli Utina, Abubakar Sidik Katili, Mustamin Ibrahim

Jurusan Biologi, Universitas Negeri Gorontalo, Kota Gorontalo-96128, Indonesia
Pusat Kajian Ekologi Pesisir berbasis Kearifan Lokal UNG,
Kota Gorontalo-96128, Indonesia

Penulis korespondensi: ramliutina@yahoo.com

Abstrak

Stabilitas suatu ekosistem dapat dipengaruhi oleh proses yang berlangsung dalam rantai makanan (*food chain*). Gangguan dalam rantai makanan menjadi indikasi adanya permasalahan di suatu ekosistem, seperti masuknya unsur kimia logam berat merkuri (Hg) di ekosistem perairan dari limbah penambangan emas tradisional. Burung perairan adalah salah satu organisme puncak pada struktur tropik di ekosistem perairan pesisir sehingga burung dapat mengakumulasi logam merkuri dalam tubuhnya. Tujuan penelitian adalah; mengidentifikasi spesies burung perairan yang terpapar logam merkuri, dan mengetahui konsentrasi kadar merkuri yang terakumulasi pada organ tubuh burung. Survey sampel burung perairan dilakukan di kawasan pesisir dan muara sungai Taluduyunu dan sungai Randangan Kabupaten Pohuwato, kawasan hulu kedua sungai ini menjadi areal penambangan emas tradisional. Sampel burung perairan diidentifikasi untuk menetapkan nama species. Kadar merkuri pada tubuh burung perairan dianalisis pada organ hati, ginjal dan otot dada, dengan menggunakan metode uji laboratorium SNI 01-2896-1998 butir 6. Hasil penelitian ini menemukan tujuh species burung perairan dengan rerata konsentrasi merkuri terpapar dalam organ tubuh, yaitu: *Todirhamphus chloris* (2,345 ppm), *Himantopus leucocephalus* (0,576 ppm), *Tringa glareola* (0,354 ppm), *Numenius phaeopus* (0,296 ppm), *Nycticorax nycticorax* (0,248 ppm), *Butorides striatus* (0,107 ppm), dan *Anas gibberifrons* (0,096 ppm). Tiga species burung yang disebut di awal mengakumulasi logam merkuri rata-rata tertinggi dalam jaringan organ tubuhnya.

Kata kunci: burung perairan, merkuri, limbah penambangan emas

Abstract

Stability of an ecosystem could be affected by the process that takes place in the food chain. Disruptions in the food chain be an indication of problems in an ecosystem, such as mercury (Hg) in the aquatic ecosystem from artisanal gold mining waste. Water bird is one

of peak organisms in the trophic structure of coastal ecosystem so that the birds accumulate mercury in their bodies. The objective of this research was to identify species of water birds that were exposed to mercury, and to determine levels concentration of mercury that accumulated in the organs of birds. The surveyed of waterbird took places in coastalline and estuaries of Taluduyunu and Randangan rivers in Pohuwato, because of the area of the rivers are the artisanal gold mining. Identification of the waterbirds was conducted to establish the name of the species, whereas mercury levels were analyzed from the tissue of liver, kidneys and breast muscles samples with using AAS (atomic absorption spectrophotometry) devices laboratory with test methods SNI 01-2896-1998 point 6. The research found seven waterbirds species with average concentrations exposed to mercury, namely: *Todirhamphus chloris* (2,345 ppm), *Himantopus leucocephalus* (0.576 ppm), *Tringa glareola* (0.354 ppm), *Numenius phaeopus* (0,296 ppm), *Nycticorax Nycticorax* (0.248 ppm), *Butorides striatus* (0.107 ppm), and *Anas gibberifrons* (0.096 ppm). Three of species of the water bird in the beginning sequentially accumulates mercury in highest average in the body tissue.

Keywords: water birds, mercury, gold mining waste

PENDAHULUAN

Pembangunan lingkungan hidup dapat ditempuh melalui sejumlah pendekatan dan strategi yang menerapkan praktek lingkungan yang baik di seluruh sektor penting, seperti usaha pertambangan. Pengusahaan tambang diharapkan peduli terhadap upaya perlindungan lingkungan termasuk pemeliharaan keragaman hayati, susunan genetiknya serta keragaman spesies dalam ekosistemnya yang stabil.

Stabilitas suatu ekosistem dipengaruhi oleh proses yang berlangsung dalam komponen biotik dan abiotik. Proses dalam ekosistem yang dipengaruhi adalah rantai makanan (*food chain*). Gangguan dalam rantai makanan menjadi indikasi adanya permasalahan di suatu ekosistem, seperti masuknya unsur kimia logam berat merkuri (Hg) dan sianida yang mencemari ekosistem perairan (Boyd, *et al*, 2009). Logam berat ini banyak digunakan dalam proses amalgamasi pada kegiatan penambangan emas secara tradisional oleh masyarakat, dan dibuang bersama sedimen ke perairan umum. Bahan kimia toksik ini tidak dapat didegradasi secara alamiah di laut sehingga akan mengganggu rantai makanan organisme dalam sistem ekologi (Polii, dan Desmi NS, 2002). Pemberlakuan baku mutu lingkungan dalam kegiatan penambangan adalah hal mutlak untuk dapat menjamin stabilitas ekosistem di kawasan kegiatan penambangan tersebut.

Penambangan emas secara tradisional terdapat di Kabupaten Pohuwato Provinsi Gorontalo. Kegiatan penambangan ini telah berlangsung lama dan lebih intensif sejak awal tahun sembilan puluhan (SLHD, 2011). Secara global diperkirakan setiap tahun lebih dari 300 ton merkuri menguap ke udara, 700 ton mencemari sungai, danau dan tanah, dan 100-150 ton diantaranya terjadi di Indonesia (Speigel, 2010).

Pengolahan bijih emas dilakukan dengan proses amalgamasi yaitu menggunakan merkuri (Hg) sebagai media untuk mengikat bijih emas, ini disebabkan sifat permukaan tekanan (*surface tension*) merkuri lebih tinggi dari air tetapi lebih kecil dari emas. Sifat logam ini memungkinkan merkuri dapat menyerap partikel emas. Merkuri juga sebagai medium padat saat emas berikatan dengan merkuri (Krisnayanti, *et al.*, 2012). Dalam proses penggilingan batuan emas yang dicampur merkuri dan bersamaan dengan proses amalgamasi menyebabkan pencucian merkuri terbawa dalam limbah dan masuk ke saluran perairan hingga ke badan sungai.

Pembuangan limbah penambangan emas ke perairan sungai menyebabkan air sungai keruh akibat sedimen dan masih mengandung limbah merkuri, sehingga mengindikasikan terjadinya pencemaran di ekosistem perairan sungai dan pada akhirnya berpengaruh terhadap kehidupan flora dan fauna, dan mengancam keragaman spesies dan ekosistemnya. Di sisi lain, sungai merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari rantai makanan dalam suatu ekosistem.

Keberadaan logam berat merkuri dalam sistem rantai makanan menyebabkan terjadinya bioakumulasi logam berat dalam tubuh organisme pada sistem rantai makanan tersebut. Bioakumulasi merupakan proses peningkatan konsentrasi logam berat dalam tubuh makhluk hidup sesuai tingkatan piramida makanan (Bank MS, *et al.*, 2007). Makin tinggi struktur tropik satu jenis organisme dalam rantai makanan makin besar pula kadar logam berat yang terkandung dalam tubuh organisme tersebut (Campbell LM, *et al.*, 2003)

Burung perairan merupakan salah satu komponen biotik dalam rantai makanan di ekosistem pesisir. Species burung perairan merupakan salah satu konsumen (predator) yang menempati posisi puncak dalam struktur tropik. Apabila biota air seperti ikan, kepiting dan kerang di perairan sungai tercemar logam berat kemudian dikonsumsi oleh burung perairan, maka akan terjadi akumulasi logam berat yang cukup tinggi dalam tubuh burung, dan kondisi ini dapat menyebabkan gangguan penyakit, kelainan dan kematian (Ogola *et al.*, 2002; Baker *et al.*, 2004).

Tujuan penelitian ini adalah; (1) mengetahui spesies burung perairan yang terpapar logam merkuri, (2) mengetahui konsentrasi kadar merkuri yang terakumulasi pada jaringan tubuh burung perairan. Target penelitian adalah memperoleh data species burung perairan dalam struktur trofik ekologi yang telah terakumulasi merkuri dalam tubuhnya. Selanjutnya dilakukan kajian biota perairan pesisir yang menjadi makanan (predator) burung perairan, kandungan merkuri dalam jaringan tubuh biota serta konsentrasi merkuri di badan air sugai dan pesisir. Berdasarkan data penelitian ini maka target selanjutnya

adalah penyusunan model prediktif rantai makanan yang tercemar merkuri di ekosistem pesisir.

Manfaat hasil penelitian ini diharapkan menjadi data dasar untuk kebijakan pelestarian keanekaragaman hayati, pengelolaan kesehatan lingkungan dan pengolahan sumberdaya mineral yang ramah lingkungan.

MATERI DAN METODE

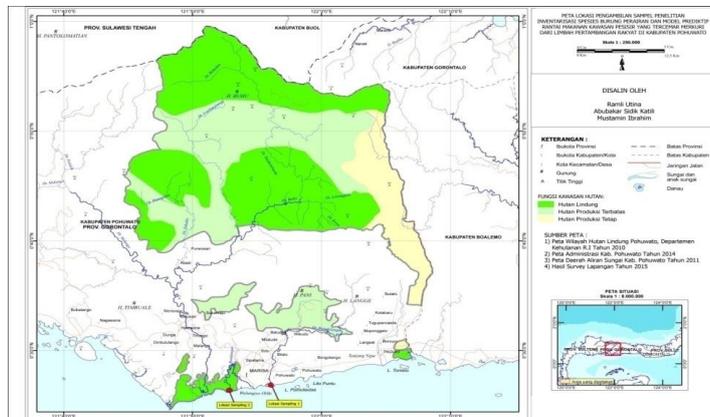
Merkuri memiliki sifat yang mudah larut dan terikat dalam jaringan tubuh organisme air, karena itu kehadirannya di lingkungan perairan telah lama dikenal sebagai pencemar yang sangat berbahaya, bukan saja pada manusia tetapi juga pada biota air dan ekosistem perairan. Pencemaran merkuri memiliki pengaruh besar terhadap ekosistem setempat disebabkan oleh sifatnya yang stabil dalam sedimen, kelarutannya yang rendah dalam air sehingga mudah diserap dan terakumulasi dalam jaringan tubuh organisme air, baik melalui proses bioakumulasi maupun biomagnifikasi melalui rantai makanan (Baeyens, *et al.*, 2003)

Monometil-merkuri disingkat metil merkuri terdiri dari metil (CH_3^-) yang terikat atom merkuri dengan rumus kimianya adalah CH_3Hg^+ (kadang ditulis sebagai MeHg^+). Ion metil merkuri larut dalam air dan bersifat toksik. Senyawa organik ini akan terserap oleh jasad renik (biota) perairan, dan dapat menimbulkan dampak biologis sehingga mengakibatkan penurunan kualitas dan kuantitas sumberdaya hayati perairan. Bila jasad renik ini masuk ke mata rantai makanan ikan, kepiting, kerang maka akan terjadi bioakumulasi dalam tubuh biota air tersebut (Kambey *et al.*, 2001; Limbong *et al.*, 2003; Widhiyatna, 2005).

Dalam proses ini tampak bahwa predator seperti ikan hiu dan burung pemakan ikan memiliki konsentrasi merkuri yang lebih tinggi dalam jaringan tubuhnya daripada organisme yang mendapat kontak langsung dengan perairan. Kondisi ini memungkinkan merkuri akan lebih lama tersimpan dalam jaringan lemak tubuh organisme predator dan adanya peningkatan daya racun merkuri (Croteau, *et al.*, 2005). Burung memiliki organ hati yang berfungsi menyerap senyawa kimia dan menyimpan cadangan energy bagi tubuh. Logam berat merkuri yang dikonsumsi bersama makanan akan tersebar ke seluruh tubuh dan sebagian disimpan sebagai cadangan energi dalam organ hati (Moore *et al.*, 1986).

Penelitian ini dilakukan dengan metode survey. Sampel burung perairan diambil di kawasan DAS Marisa dan DAS Randangan. Penetapan lokasi sampel secara *purposive* dengan pertimbangan di pesisir ini bermuara sungai Taluduyunu dan sungai Randangan

dimana hulu kedua sungai ini menjadi kawasan penambangan emas tradisional. Peta lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel

Data species burung perairan yang dijadikan sampel diperoleh dari hasil wawancara dengan masyarakat yang mengetahui spesies burung yang ditemui dalam jumlah yang relatif banyak menggunakan habitat perairan di lokasi penelitian. Sampel penelitian ditetapkan satu individu setiap species burung perairan dengan usia burung dewasa dengan mengabaikan jenis kelamin burung. Organ sampel yang diambil adalah hati, ginjal dan jaringan otot dada. Data sekunder berupa peta wilayah yang mencakup kegiatan pengolahan pertambangan emas rakyat dan aliran pembuangan limbah ke habitat perairan dimana terkonsentrasi burung perairan.

Penyiapan sampel organ tubuh burung dilakukan di laboratorium zoologi Jurusan Biologi FMIPA UNG. Analisis kandungan merkuri dilakukan di laboratorium Uji dan Kalibrasi BBIPH Makassar. Metode uji laboratorium menggunakan SNI 01-2896-1998 butir 6.

HASIL

Penelitian ini menemukan 7 (tujuh) species burung perairan yang menggunakan habitat pesisir untuk mencari makan. Sampel organ burung yang diperoleh seluruhnya berjumlah 21 sampel, terdiri dari 7 sampel jaringan organ hati, 7 sampel jaringan organ ginjal dan 7 sampel jaringan otot dada. Hasil uji kandungan merkuri pada setiap organ sampel dideskripsi pada tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Kandungan Merkuri (Hg) pada Species Burung Perairan

No.	Nama spesies>Nama lokal	Kandungan Hg dalam Organ Sampel Burung (ppm)* ¹			Rata-rata Kandungan Hg (ppm)
		Hati	Ginjal	Otot dada	
1	<i>Tringa glareola</i> / Trinil/burung ndiu-ndui	0,187	0,846	0,029	0,354
2	<i>Anas gibberifrons</i> / Itik benyut/ Duwiwi	0,085	0,180	0,023	0,096
3	<i>Butorides striatus</i> / Kokokan laut/ burung tou	0,050	0,226	0,045	0,107
4	<i>Todirhamphus chloris</i> / Cekakak/ Watiwatingo	1,597	4,913	0,525	2,345
5	<i>Himantopus leucocephalus</i> / Bayaman timur/burung suster	0,327	1,308	0,092	0,576
6	<i>Numenius phaeopus</i> / Ndui-ndui besar/gajaha	0,235	0,611	0,043	0,296
7	<i>Nycticorax nycticorax</i> / Kowak malam	0,082	0,586	0,078	0,248

eterangan: *¹ menggunakan metode/teknik uji SNI.01-2896-1998 butir 6

1) *Tringa glareola*

Spesies ini dikenal sebagai burung trinil, termasuk dalam famili Scolopacidae dan genus *Tringa*. Bulu tubuh coklat kehitam-hitamaan, kaki berwarna coklat. Burung trinil merupakan jenis pemakan krustase, serangga dan invertebrate yang hidup di perairan pesisir dan muara sungai. Jenis burung ini lebih banyak ditemukan dalam kelompok dan mencari makan di kawasan perairan pesisir laut dan areal tambak.

2) *Anas gibberifrons*

Masyarakat di daerah penelitian mengenal sebagai Duwiwi atau Belibis. Bulu tubuh dominan berwarna coklat, sayap berwarna coklat-hitam-putih, kaki berwarna abu-abu kehitaman, bentuk paruh bebek. Burung ini ditemukan dalam kelompok yang relatif banyak, sebagai burung memangsa ikan, cacing dan moluska di daerah persawahan, tambak, rawa, danau.

3) *Butorides striatus*

Spesies ini termasuk dalam famili Ardeidae dari genus *Butorides*. Bulu tubuh dominan berwarna keabu-abuan. Masyarakat di daerah penelitian mengenal sebagai Touw atau Kokokan laut. Burung pemangsa ikan, serangga, udang di habitat pantai, muara dan tambak. Biasanya terbang mencari makan sendirian, bertengger di atas batu atau tanggul tepi air mengintai mangsa.

4) *Todirhamphus chloris*

Masyarakat di daerah penelitian mengenal sebagai Watiwatingo atau Cekakak. Bulu bagian punggung warna biru dan bagian bawah putih, bulu bagian kepala warna ungu. Burung pemangsa ikan, kepiting, kerang, dan moluska.

5) *Himantopus leucocephalus*

Masyarakat di daerah penelitian mengenal sebagai burung Suster atau Bayaman. Burung pemangsa ikan, cacing dan moluska di perairan pesisir. Bulu di bagian dada hingga bagian bawah warna putih, bulu bagian punggung dan sayap kehitaman, kaki berwarna merah

6) *Numenius phaeopus*

Masyarakat di daerah penelitian mengenal sebagai Ndui-ndui besar atau Gajahan Bulu tubuh berwarna coklat kehitaman, tubuh berukuran besar, kaki berwarna coklat. Burung pemangsa kepiting, keong dan moluska di perairan dan pesisir.

7) *Nycticorax nycticorax*

Masyarakat di daerah penelitian mengenal sebagai Towu putih. Bulu sayap berwarna coklat, bulu bagian kepala warna hitam, bagian dada putih, kaki berwarna kuning kehijauan. Burung ini biasanya terbang dalam kawanan yang cukup banyak, memangsa ikan, cacing dan moluska di perairan pesisir, tambak dan persawahan

PEMBAHASAN

Penambangan emas secara tradisional di kawasan hulu sungai Taluduyunu dan Randangan sejak lama dilakukan oleh masyarakat setempat dan pendatang. Pengambilan bijih emas pada mulanya dilakukan dengan membentuk amalgama, yaitu proses pengikatan unsur emas dengan logam merkuri. Bentuk amalgam ini kemudian dibakar untuk menguapkan atau melepaskan merkuri sehingga butir-butir emas terpisah dari butir-butir batuan/partikel pasir (SLHD, 2011). Pada proses lain, pemisahan butir emas dari partikel pasir menggunakan putaran tromol yang diisi air, batuan/pasir emas dan logam merkuri (Hg). Putaran tromol membantu proses pengikatan butiran emas dengan merkuri. Proses pengolahan emas ini kemudian menghasilkan limbah berupa lumpur dan partikel pasir halus yang masih mengandung logam merkuri. Limbah ini kemudian dibuang melalui saluran air yang berhubungan dengan aliran sungai Taluduyunu dan sungai Randangan. Kedua sungai ini bermuara di pesisir selatan Kabupaten Pohuwato yang menjadi habitat mencari makan bagi burung-burung perairan.

Limbah proses pengolahan emas secara tradisional dapat berupa endapan lumpur yang masih mengandung ion Hg^{2+} . Bakteri dapat mengubah ion ini menjadi dimetil merkuri ($(CH_3)_2Hg$) dan ion metil merkuri (CH_3Hg^+). Dimetil merkuri bersifat mudah menguap ke udara, dan oleh faktor fisika di udara dapat menyatu dengan air (hujan) yang kemudian dapat kembali ke air tanah, hingga ke aliran sungai. Metil merkuri bersifat lipofilik (zat

larut dalam lemak), tidak dapat diencerkan, rusak, atau diekskresikan dalam urin, media berbasis air. Metil merkuri mudah terikat dalam jaringan tubuh organisme perairan, hingga terakumulasi melalui rangkaian plankton, ikan kecil, ikan besar, dan burung predator yang mengakibatkan pembesaran konsentrasi (biomagnifikasi) hingga beberapa ratus kali pada *level trofik* organisme puncak (Boyd, *et al.*, 2009; Croteau, *et al.*, 2005). Proses ini pula yang diduga menyebabkan adanya kandungan merkuri di perairan daerah aliran sungai Buyat Minahasa (Polii dan Desmi, 2002).

Organisme yang mengkonsumsi metil merkuri apabila kekurangan enzim untuk menurunkan kadar merkuri maka metil merkuri ini akan terakumulasi dalam jaringan lemak organisme bersangkutan. Bila organisme ini kemudian dimangsa oleh predator maka lemak diserap dalam usus dan terakumulasi dalam jaringan lemak predator. Dalam tubuh ikan, metil merkuri masuk melalui insang dan lewat rantai makanan, dan dalam jumlah terbesar terdapat di ikan-ikan karnivora (Utina, *et al.*, 2013). Pada setiap tingkat rantai makanan terjadi kehilangan energi, karena itu predator harus mengkonsumsi lebih banyak mangsa dalam arti mengkonsumsi zat lipofilik (lemak) dari mangsanya.

Penelitian ini menemukan tujuh species burung perairan yang mengakumulasi rata-rata merkuri dalam jaringan organ tubuh secara berurutan yaitu; *Todirhamphus chloris* (2,345 ppm), *Himantopus leucocephalus* (0,576 ppm), *Tringa glareola* (0,354 ppm) *Numenius phaeopus* (0,296 ppm), *Nycticorax nycticorax* (0,248 ppm), *Butorides striatus* (0,107 ppm) dan *Anas gibberifrons* (0,096 ppm). Pada temuan penelitian burung perairan di pantai utara Gorontalo pada tahun 2013, burung Trinil (*Tringa sp.*) mengakumulasi merkuri dalam organ tubuhnya rata-rata sebesar 0,35 ppm pada tiga organ sampel, sementara *Butorides sp.*, mengakumulasi merkuri sebesar 0,17 ppm (Utina. *et al*, 2013).

Bioakumulasi dan biokonsentrasi penumpukan metil merkuri di dalam jaringan adiposa tingkat trofik berturut-turut: zooplankton, nekton kecil, invertebrata lain, ikan, burung predator dan hewan yang lebih besar yang memakan ikan ini juga mengkonsumsi merkuri semakin tinggi (Croteau, *et al*, 2005). Proses ini menjelaskan mengapa ikan predator seperti hiu atau burung predator lainnya memiliki konsentrasi merkuri yang lebih tinggi, misalnya, ikan mengandung merkuri sekitar 0,01 ppm sementara ikan hiu mengandung merkuri lebih besar dari 1 ppm (EPA,1997). Species-species pada tingkat trofik puncak ini memungkinkan pula species burung perairan yang ditemukan dalam penelitian ini mengakumulasi logam merkuri lebih tinggi (Baeyens, *et al.*, 2003).

Burung perairan yang ditemukan dalam penelitian ini merupakan burung predator yang mencari mangsa di habitat pesisir pantai di muara sungai Taluduyunu dan sungai Randangan. Species burung ini memangsa ikan, kerang, udang, kepiting atau invertebrata

lainnya di perairan kawasan pesisir. Species burung ini merupakan jumlah yang terbanyak hadir di kawasan pesisir, terutama pada saat air surut yang terjadi rata-rata dua kali dalam sehari. Sebagian burung di pesisir ini membuat sarang di pohon-pohon sekitar areal lahan basah (rawa, sawah) dan muara yang terdekat dengan kawasan pesisir.

Kandungan logam merkuri yang terpapar dalam tubuh burung perairan pesisir menunjukkan adanya logam merkuri yang terpapar dalam jaringan tubuh biota pesisir yang menjadi mangsa burung-burung di perairan pesisir. Logam merkuri yang terpapar dalam jaringan tubuh biota pesisir seperti ikan, kerang, kepiting, moluska menjadi indikasi adanya kandungan logam merkuri dalam air sungai yang bermuara di pesisir.

Penelitian ini merekomendasikan perlunya penelitian lanjut guna mendapatkan rantai makanan dalam ekosistem pesisir yang tercemar logam merkuri. Model rantai makanan ini diperlukan untuk memprediksi adanya komponen biota penting lainnya yang dapat atau diduga termasuk ke dalam komponen rantai makanan yang tercemar merkuri. Sumberdaya perikanan pesisir termasuk di kawasan budidaya harus menjadi fokus perhatian ketika terindikasi masuk dalam komponen rantai makanan ekosistem pesisir yang tercemar.

Karena itu penelitian ini dilanjutkan pada tahap kedua untuk mendapatkan data yang akurat tentang paparan logam merkuri pada jaringan tubuh biota perairan pesisir yang menjadi rantai pemangsaan burung-burung perairan pesisir, seperti; species ikan, kerang, kepiting, moluska. Kemudian kandungan logam merkuri di badan air sungai yang menerima buangan limbah (*tailing*) dari kegiatan penambangan emas secara tradisional, faktor lingkungan, dan kandungan merkuri pada organ tumbuhan mangrove di kawasan pesisir.

Hasil penelitian tahap pertama dan tahap kedua ini kemudian dikompilasi dan dirumuskan model prediktif rantai makanan perairan pesisir yang tercemar merkuri dari limbah penambangan emas tradisional. Diharapkan dengan adanya model ini dapat ditempuh kebijakan pengelolaan penambangan emas yang ramah lingkungan serta pemanfaatan sumberdaya alam pesisir yang mampu mendukung kehidupan masyarakat, pelestarian ekosistem pesisir dan perlindungan satwa.

SIMPULAN

Hasil penelitian ini mengidentifikasi tujuh species burung perairan yang menggunakan habitat pesisir, yaitu: *Tringa glareola*, *Anas gibberifrons*, *Butorides striatus*, *Todirhamphus chloris*, *Himantopus leucocephalus*, *Numenius phaeopus* dan *Nycticorax nycticorax*.

Species burung perairan teridentifikasi mengakumulasi logam merkuri (Hg) pada organ tubuh. Rerata besaran konsentrasi kandungan merkuri dalam jaringan tubuh burung perairan, yaitu; *Todirhamphus chloris* 2,345 ppm, *Himantopus leucocephalus* 0,576 ppm, *Tringa glareola* 0,354 ppm, *Numenius phaeopus* 0,296 ppm, *Nycticorax nycticorax* 0,248 ppm, *Butorides striatus* 0,107 ppm dan *Anas gibberifrons* 0,096 ppm.

Species burung perairan ini merupakan predator bagi biota perairan pesisir, seperti; ikan, kerang, kepiting dan moluska. Akumulasi logam berat merkuri dalam jaringan tubuh species burung perairan masuk melalui komponen rantai makanan (predator) berbagai species burung perairan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini beroleh dukungan dana hibah bersaing dari DP2M Ditjen Dikti tahun 2015. Pengumpulan data dan penyiapan sampel dibantu oleh teknisi dan peneliti pada Pusat Kajian Ekologi Pesisir berbasis Kearifan Lokal Jurusan Biologi FMIPA UNG. Untuk itu disampaikan terimakasih dan penghargaan kepada pihak pemberi dana serta tenaga peneliti pendukung sehingga penelitian ini dapat diselesaikan sesuai rencana.

KEPUSTAKAAN

Baeyens W, Leermakers M, Papina T, Saprykin A, Brion N, Noyen J, De Gieter M, Elskens M, Goeyens L. 2003. Bioconcentration and biomagnification of mercury and methylmercury in North Sea and Scheldt Estuary fish. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 45:498-508

Baker, R. F., P.J. Blanchfield, M.J. Paterson, R.J. Flett, & L. Wesson. 2004. Evaluation of nonlethal methods for the analysis of mercury in fish tissue. *Transac. Am. Fish. Soc.* 133: 568-576.

Balihristi, Provinsi Gorontalo. 2011. *Status Lingkungan Hidup Daerah (SLHD) Provinsi Gorontalo Tahun 2011*.

Bank MS, Chesney E, Shine JP, Maage A, Senn DB. 2007. Mercury bioaccumulation and trophic transfer in sympatric snapper species from the Gulf of Mexico. *Ecological Applications*, 17:2100-2110

Boyd, Eric S., Susan King, Jeffery K. Tomberlin, D. Kirk Nordstrom, David P. Krabbenhoft, Tamar Barkay and Gill G. Geesey. 2009. Methylmercury enters an aquatic food web through acidophilic microbial mats in Yellowstone National Park, Wyoming. *Environmental Microbiology*, 11(4), 950–959 doi:10.1111/j.1462-2920.2008.01820.

Campbell LM, Hecky RE, Nyaundiv J, Muggide R, Dixon DG. 2003. Distribution and food-web transfer of mercury in Napolean and Winam Gulfs, Lake Victoria, East Africa. *Journal of the Great Lakes Research*, 29:267-282.

- Croteau, M., S. N. Luoma, and Stewart R A. 2005. Metal tropic transfer on fresh water food web: Biomagnification of cadmium. *Journal of Limnology Oceanography*. 50 (5): 1511-1519
- Dhillon, S.S., Jasbir Sigh. 2004. *Agricultural Geography*. 3rd edition. Tata Mc.Grew-Hill Education. New Delhi. 492 pages.
- EPA (Environmental Protection Agency). 1997. Study of Mercury; An Evaluation of Magnification of Mercury in US. *Report for Congress. Vol. IV*, EPA-452/R-97-006. US
- Kambey, J.L., A.P. Farrel, & L.I. Bendell-Young. 2001. Influence of illegal gold mining on mercury levels in fish of Nort Sulawesi's Minahasa Peninsula (Indonesia). *Environ. Pollution J.*, 114: 299-302.
- Krisnayanti, B.D., Zainal Arifin, Bustan, Sudirman, W. Hadi Utomo, and C. Anderson. 2012. *Potential Pollution of Mercury as Impact of the Illegal Gold Mining at Nusa Tenggara Barat Province*. Proceeding of the Conference and National Seminary 21thThe Environmental Study Center of Indonesia, Mataram 13-15 September 2012
- Limbong D., J. Kumampung, J. Rimper,T. Aria and N. Miyasaki. 2003. Emission and environmental implications of mercury from artisanal gold mining in North Sulawesi, Indonesia. *Science of Total Enviroment J*. 302: 227-236.
- Moore, S.J., J.D. Norris, & I.K. Ho. 1986. The efficacy of ketoglutaric acid in the antagonism of cyanide intoxication. *Toxicol Appl. Pharmacol J*. 82: 40-44.
- Ogola, J.S., W. V. Mitulla, & M.A. Omulo, 2002. Impact of gold mining on the invironment and human health. *Environmental Geochemistry and Health J*. 24: 141-158.
- Polii, B., dan Desmi NS.. 2002. Pendugaan Kandungan Merkuri dan Sianida di Daerah Aliran Sungai (DAS) Buyat Minahasa. *J. Ekoton*, Vol. 2, No. 1, 31-37.
- SLHD (Status Lingkungan Hidup Daerah) Provinsi Gorontalo Tahun 2011
- Speigel, S.J., 2010. International Guidelines on Mercury Management in Small-scale Gold Mining: Identyfing Strategies to Manage Environmental Risks in Southern Equador. *Journal of Cleaner Production*, 1-9.
- Utina, R., A.S. Katili, 2013. Inventory of Waterbird Species Which Accumulate Mercury From Mining Waste of Coastal Area North Gorontalo Regency, Indonesia. *Proceeding International Conference on Research, Implementation and Education of Mathematics and Sciences 2014*, Yogyakarta State University.
- Widhiyatna, D., 2005. The Documentation of Mercury Exposure Due to Gold Mining Area in Tasikmalaya, West Java Province. Colloquium-DIM Field Results 2005

Lampiran III.

2. PRODUK PENELITIAN

**Model Prediktif Rantai Makanan Kawasan Pesisir Tercemar Merkuri
Limbah Penambangan Emas Tradisional**

**PRODUK
PENELITIAN HIBAH BERSAING
TAHUN TERAKHIR (2016)**



**MODEL PREDIKTIF
RANTAI MAKANAN EKOSISTEM PESISIR TERCEMAR MERKURI
LIMBAH PENAMBANGAN EMAS TRADISIONAL**

Penyusun:

Prof. Dr. Ramli Utina M.Pd
NIDN : 0004085507

Abubakar Sidik Katili, S.Pd.,M.Sc
NIDN : 0017067905

Drs. Mustamin Ibrahim, M.Si
NIDN: 0016066804

UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO
Oktober, 2016

PRAKATA

Tim penyusun menyampaikan syukur ke hadirat Allah SWT karena atas izinNya maka penelitian Hibah Bersaing tahun 2015 dan tahun 2016 ini dapat diselesaikan. Model Prediktif Rantai Makanan Ekosistem Pesisir Tercemar Merkuri Limbah Penambangan Emas Tradisional ini merupakan produk penelitian Hibah Bersaing tahun 2016.

Penelitian hibah bersaing tahun 2015 diperoleh species-species burung perairan pesisir yang terpapar logam merkuri. Lokasi penelitian di kawasan pesisir dan muara sungai Randangan dan sungai Taluduyunu Kabupaten Pohuwato dimana kawasan hulu kedua sungai ini terdapat kegiatan penambangan emas yang dikelola secara tradisional menggunakan logam merkuri. Penelitian hibah bersaing tahun 2016 di lokasi yang sama diperoleh species-species biota perairan yang terpapar merkuri. Hasil kedua penelitian ini menunjukkan adanya paparan merkuri baik di dalam jaringan tubuh burung perairan maupun dalam jaringan tubuh biota yang menjadi mangsa burung perairan. Hal ini mengindikasikan adanya akumulasi merkuri pada jaringan tubuh burung (sebagai predator) yang diperoleh dari biota perairan.

Model ini mendeskripsikan komponen-komponen penyusun rantai makanan ekosistem perairan dan pesisir dengan menggunakan berbagai asumsi, antara lain; interaksi biotik perairan dengan faktor lingkungannya, sensitifitas bahan pencemar, aliran sungai dan partikel tersuspensi, kualitas perairan, perairan muara dan pesisir. Deskripsi hubungan berbagai komponen penyusun rantai makanan ini kemudian memprediksi aliran merkuri dari limbah penambangan emas ke dalam ekosistem perairan.

Model prediktif rantai makanan ekosistem pesisir yang tercemar merkuri ini dapat memberi peringatan apabila manusia terlibat dalam pemanfaatan sumberdaya biota perairan dan pesisir. Karena itu diharapkan menjadi informasi bagi pengambil kebijakan dalam upaya peningkatan kesehatan masyarakat, pengelolaan sumberdaya mineral yang ramah lingkungan serta penyelamatan biodiversitas dari ancaman pencemaran.

Kami menyadari msaih terdapat kekurangan dalam rumusan model ini, karena itu masukan dan saran diperlukan demi penyempurnaannya.

Gorontalo, Oktober 2016
Tim Penyusun

DAFTAR ISI

PRAKATA	ii
DAFTAR ISI	iii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
BAB 2. ASUMSI PENYUSUNAN MODEL EKOSISTEM PERAIRAN	2
BAB 3. DIAGRAM MODEL PREDIKTIF RANTAI MAKANAN EKOSISTEM PESISIR TERCEMAR MERKURI LIMBAH PENAMBANGAN EMAS TRADISIONAL	10

MODEL PREDIKTIF RANTAI MAKANAN EKOSISTEM PESISIR TERCEMAR MERKURI LIMBAH PENAMBANGAN EMAS TRADISIONAL

I. PENDAHULUAN

Model merupakan representasi atau gambaran, contoh dari suatu konsep atau sistem nyata dengan tujuan untuk menjelaskan hubungan-hubungan penting yang terkait. Dalam pemodelan, model akan dirancang sebagai suatu penggambaran operasi dari suatu sistem nyata secara ideal dapat menunjukkan hubungan komponen-komponen penting. Berdasarkan fungsinya, model prediktif merupakan model yang menunjukkan apa yang akan terjadi bila sesuatu terjadi (Dhillon, 2004; Ackoff *et al.*, 1962).

Model prediktif rantai makanan ekosistem pesisir yang tercemar logam berat merkuri seperti yang dimaksud dalam uraian ini adalah model yang dapat mensimulasikan kondisi ekosistem pesisir yang tercemar merkuri dengan pendekatan ekologi yang didesain sendiri. Desain model prediktif ini menggunakan asumsi dasar dari hasil riset dan kajian teoretik yang telah dibangun oleh para peneliti, dan mengadopsi model yang banyak diterapkan untuk kebutuhan pengelolaan sumberdaya alam. Model prediktif ekosistem pesisir ini merupakan simulasi kondisi kualitas perairan, distribusi logam berat dan kondisi ekologis yang merupakan interaksi antara organisme perairan dan lingkungannya, termasuk manusia.

Rantai makanan merupakan sebuah model yang menunjukkan bagaimana energi dan nutrisi bergerak melalui ekosistem, dalam proses makan atau dimakan, energi mengalir dari satu tingkat tropik ke tropik yang lain. Tumbuhan berkhlorofil menggunakan energi cahaya matahari untuk memproduksi karbohidrat untuk makanan, dan dialirkan ke organisme herbivora lain, kemudian karnivora pemangsa herbivora, yang pada gilirannya dimangsa oleh omnivora. Pada tahap akhir, apa pun yang tersisa akan diuraikan oleh dekomposer. Rantai makanan adalah model sederhana dan hanya menampilkan satu jalur transfer energi dan materi. Sebagian besar hewan membutuhkan lebih dari satu sumber makanan untuk bertahan hidup, sehingga berbagai mata rantai makanan berinteraksi membentuk jaring makanan.

II. ASUMSI PENYUSUNAN MODEL DI EKOSISTEM PESISIR

Beberapa asumsi dasar yang dibutuhkan untuk menyusun model prediktif rantai makanan ekosistem perairan pesisir yang tercemar merkuri (disarikan dari model Zonambi, 2014), adalah sebagai berikut;

1. Interaksi Biota Perairan dengan Faktor Lingkungan

Biota perairan dan berkaitan dengan lingkungannya merupakan suatu topik riset yang unik. Keunikan tersebut terlihat dari bagaimana suatu spesies biota perairan akan merespon setiap perubahan yang terjadi di lingkungannya. Respon ini merupakan proses adaptasi dari biota yang bersangkutan. Masing-masing biota memiliki respon yang berbeda-beda terhadap perubahan yang terjadi di lingkungannya, atau besar kecilnya perubahan kondisi lingkungan akan direspon berbeda meskipun pada spesies yang sama.

Pemodelan dapat membantu untuk mendukung kajian interaksi lingkungan dengan biota perairan. Tahapan yang dilakukan adalah pertama mengidentifikasi respon biota terhadap perubahan kondisi lingkungan dan tahap kedua pemanfaatan teknologi pemodelan untuk mensimulasikan perubahan kondisi fisik, kimia dan biologi perairan. Skenario pemodelan dibangun berdasarkan perubahan-perubahan kondisi fisik, kimia biologi perairan yang mungkin terjadi dan berdampak pada respon tingkah laku dari biota. Perubahan kondisi fisik, kimia dan biologi pada suatu lokasi di perairan ini dari hasil pemodelan kemudian dikaji keterkaitannya dengan perubahan kondisi biota yang ada. Model prediktif rantai makanan ekosistem pesisir yang tercemar merkuri digunakan untuk mensimulasikan kondisi parameter-parameter fisik, kimia dan biologi sebagai wujud adanya interaksi biota perairan dengan lingkungan.

2. Sensitifitas Pencemaran Air

Limbah buangan pencemar dari aktifitas manusia yang masuk ke dalam sistem perairan memiliki sensitifitas yang berbeda-beda di setiap perairan, meskipun konsentrasi dan komposisi bahan pencemar tersebut sama. Keadaan ini dapat terjadi karena respon di setiap perairan akan berbeda-beda dalam menerima bahan pencemar. Respon tersebut dapat bersifat menguatkan (menjadi bersifat toksik atau lebih toksik) atau melemah (dinetralisir) oleh suatu perairan. Kondisi ini tergantung dari berbagai faktor fisik, kimia dan biologi perairan. Respon dari biota di suatu perairan juga sangat menentukan sifat sensitifitas dari limbah pencemar. Jika biota mampu untuk mentolerir bahan pencemar dengan konsentrasi tertentu maka sensitifitas bahan pencemar tersebut akan menjadi lebih kecil, begitu pula sebaliknya. Respon biota terhadap limbah pencemar juga perlu dipertimbangkan akumulasi bahan pencemar yang

terkandung di dalam biota melalui proses-proses bioakumulasi, biokonsentrasi dan biomagnifikasi.

Sensitifitas limbah pencemar perairan yang terkandung di dalam sedimen dan partikel dapat dikaji dengan model pergerakan sedimen kolom air dan pergerakan partikel. Jika di suatu perairan memiliki muara sungai maka model aliran sungai perlu digunakan dengan pertimbangan bahwa banyak limbah pencemar perairan yang berasal dari sungai. Model prediktif rantai makanan ekosistem pesisir yang tercemar merkuri digunakan untuk mensimulasikan kondisi parameter-parameter fisik, kimia dan biologi sebagai prediksi adanya bahan pencemar di perairan.

3. Gerakan Partikel

Pergerakan partikel adalah cara yang efisien untuk melakukan studi tentang distribusi partikel terlarut atau tersuspensi di perairan. Konsentrasi dari partikel pada setiap grid atau mesh digunakan untuk melihat pergerakan dan lintasan partikel di perairan. Dampak dari pergerakan partikel karena pengaruh angin dapat disimulasikan dengan jelas. Proses-proses yang terlibat dalam model pergerakan partikel adalah meliputi dispersi, *settling*, *bouyancy* dan erosi.

Proses-proses ini sangat penting untuk mengetahui pola distribusi dan pergerakan partikel yang memiliki densitas yang berbeda dengan densitas perairan. Proses faktor pengurangan (*decay*) dari partikel juga diikuti-sertakan dalam perhitungan numerik untuk parameter yang bukan konservatif (*non-conservative*) seperti bakteri coliform dan bahan organik lain.

4. Kualitas Perairan

Perkembangan pembangunan dan pemanfaatan wilayah pesisir dan lautan dengan segala aktifitasnya termasuk budidaya laut dapat menekan kualitas perairan. Kualitas perairan akan terganggu apabila terjadi ketidakseimbangan unsur-unsur yang terkandung di dalam perairan tersebut. Gangguan tersebut dapat berupa masuknya unsur lain ke dalam perairan baik secara alamiah maupun dampak dari pembangunan dan pemanfaatan wilayah pesisir dan lautan. Hal ini bukan berarti bahwa tidak diperbolehkan untuk memanfaatkan wilayah pesisir dan lautan untuk kepentingan manusia, tetapi lebih cenderung untuk melakukannya penyelarasan fungsi-fungsi perairan dengan pemanfaatannya. Oleh karena itu, perlu untuk melakukan pendekatan yang tepat untuk mengkaji keterkaitan antara kualitas perairan dan pemanfaatannya.

Pemodelan dapat mensimulasikan proses-proses yang terjadi di dalam suatu perairan dalam kaitannya dengan kualitas perairan baik perairan yang masih alami maupun perairan yang telah berinteraksi dengan aktifitas manusia. Bahan-bahan pencemar alami maupun hasil buangan dari aktifitas manusia yang masuk ke dalam sistem pesisir dan lautan dapat dimodelkan dengan membangun skenario-skenario ambang batas bahan pencemar dari regulasi yang ada untuk mendapatkan kombinasi yang optimal sehingga selaras dengan daya dukung lingkungan perairan. Pada akhirnya dapat terjaga kualitas habitat di perairan tersebut.

Model prediktif rantai makanan ekosistem pesisir yang tercemar merkuri digunakan untuk mensimulasikan kondisi parameter-parameter fisik, kimia dan biologi sebagai prediksi kualitas perairan.

5. Aliran Sungai

Aliran sungai dapat mensimulasi aliran sungai, kualitas perairan dan transport sedimen di daerah estuari, sungai, sistem irigasi, kanal dan sistem pengairan lainnya. Model dinamis ini dapat memberikan detail analisis, disain, manajemen dan operasional pada jaringan air sistem sederhana atau kompleks yang diperuntukan untuk meningkatkan efektifitas disain enjinering lingkungan, sumberdaya air, manajemen kualitas perairan dan perencanaan. Basis utama model ini adalah untuk memprediksi banjir, kualitas air, transport sediment:

Data-data dasar yang menyangkut sistem siklus air di permukaan, di dalam tanah dan sumber masukan dari curah hujan pada domain spatial sudah dapat dipastikan digunakan untuk mensimulasikan model ini.

6. Distribusi Bahan Pencemar

Pemanfaatan daerah aliran sungai dan pesisir kerap kali terlihat, terutama daerah yang memiliki tata ruang pesisir yang dapat dimanfaatkan atau disediakan pemerintah sebagai areal industri dan perumahan. Meskipun regulasi dari pemerintah untuk buangan limbah telah ditetapkan standar minimumnya, tetapi masih memungkinkan untuk terjadi pencemaran akibat kelalaian prosedur ataupun akumulasi bahan buangan limbah yang menjadi bahan pencemar. Buangan limbah ini akan menjadi potensi pencemaran yang signifikan apabila kemampuan perairan untuk menetralsir limbah tersebut menurun. Kemampuan ini berbeda-beda untuk setiap perairan.

Oleh karena itu, potensi bahan pencemar ini perlu diantisipasi dengan cara mengetahui distribusi bahan buangan limbah jika bahan buangan limbah tersebut terjadi perubahan karakteristik dan memiliki sifat toksik sebagai bahan pencemar. Pola distribusi buangan limbah pencemar ini sangat penting untuk diketahui, apakah akan sampai ke lokasi perairan

yang memiliki biota yang sensitif terhadap buangan bahan limbah pencemar dan kemungkinan kerusakan yang akan ditimbulkannya.

Pemodelan dapat membantu untuk mengkaji potensi buangan limbah pencemar dan pola distribusinya apabila bahan buangan limbah tersebut telah melampaui batas dari regulasi yang ada akibat kelalaian prosedur atau akibat dari proses akumulasi limbah buangan sehingga terjadi perubahan bersifat toksik. Tahapan penyusunan skenario pemodelan dilakukan dengan mengidentifikasi potensi sumber-sumber buangan limbah, identifikasi jenis buangan limbah, identifikasi komponen kimiawi yang berpotensi sebagai parameter kimia pencemar, dan tahapan terakhir adalah dengan memodelkan bahan buangan limbah tersebut sehingga dapat diketahui pola distribusinya, konsentrasi parameter kimia toksik dan kemungkinan terjadinya akumulasi bahan limbah buangan menjadi bahan kimia pencemar.

Pola distribusi potensi limbah buangan bahan pencemar diintegrasikan dengan hasil model dari kondisi lingkungan perairan meliputi pasang-surut, sirkulasi arus dan kondisi klimatologi yang bervariasi secara bulanan atau musiman sehingga dapat diketahui pola normal potensi distribusi limbah buangan bahan pencemar. Tujuannya adalah jika terjadi pencemaran limbah buangan bahan pencemar dari suatu sumber pada bulan atau musim tertentu, dapat dengan cepat dan mudah diketahui kemungkinan pola distribusinya, apakah akan mencapai habitat biota tertentu dan kemungkinan dampaknya.

Model pergerakan sedimen kolom air dan pergerakan partikel digunakan untuk mengidentifikasi dan mensimulasikan pola distribusi bahan buangan limbah yang berasosiasi dengan sedimen. Perairan yang memiliki muara sungai di daerah estuari, dapat menggunakan model aliran sungai. Model prediktif rantai makanan ekosistem pesisir yang tercemar merkuri digunakan untuk mensimulasikan kondisi parameter-parameter fisik, kimia dan biologi sebagai prediksi distribusi bahan pencemar.

7. Daya Dukung Lingkungan Perairan

Kemampuan suatu perairan dalam menerima suatu beban bahan tertentu dari luar sistem perairannya sehingga dapat dinetralkan atau distabilkan kembali dalam jangka waktu tertentu memiliki jumlah dengan batasan tertentu. Batasan tersebut dapat didefinisikan berdasarkan regulasi yang ada atau dapat dihitung kondisi nyatanya di perairan tersebut. Kondisi nyata inilah yang menjadi batasan atau disebut pula ambang batas suatu perairan mempertahankan kestabilannya atau sering disebut pula daya dukung lingkungan perairan.

Pada suatu perairan dengan perairan lainnya memiliki daya dukung lingkungan yang berbeda-beda. Perbedaan ini ditentukan oleh berbagai faktor fisik, kimia dan biologi beserta interaksi di dalam perairannya. Faktor fisik meliputi kondisi sirkulasi perairan yang

ditentukan oleh proses-proses hidrodinamika, faktor kimia meliputi komposisi kimiawi perairan dan faktor biologi berkaitan erat dengan keberadaan suatu organisme yang menempati suatu habitat dalam suatu ekosistem yang berinteraksi dengan faktor fisik dan kimia perairan. Kondisi ini terlihat menjadi sangat kompleks, oleh karena itu melalui teknologi pemodelan, kondisi ini dapat disederhanakan dan mudah untuk dipahami bagaimana keseluruhan sistem bekerja.

Skenario pemodelan yang akan dibangun untuk mengkaji daya dukung di suatu perairan dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu perairan alamiah dan perairan non alamiah (sudah terdapat aktifitas manusia). Pada perairan yang masih alamiah, skenario disusun berdasarkan karakter kondisi fisik, kimia dan biologi yang telah ada dengan cara mengidentifikasi interaksi diantaranya. Setelah diketahui interaksinya, kemudian disusun parameter-parameter yang berperan dalam menentukan daya dukung lingkungan di perairan tersebut. Masing-masing parameter kemudian dimodelkan dengan berbagai nilai dari nilai yang minimum sampai dengan nilai yang ekstrim. Dari selang nilai ini, akan dicari nilai paling optimal yang tidak akan menimbulkan dampak negatif bagi kestabilan interaksi antara faktor fisik, kimia dan biologi, khusus faktor biologi yaitu biota yang menyusun suatu ekosistem di perairan. Nilai optimal yang diperoleh dijadikan dasar atau batasan alamiah jika ada suatu aktifitas yang dibangun mengeluarkan sejumlah bahan atau limbah yang masuk kedalam perairan.

Pada perairan non alamiah, pendekatan pembangunan skenario pemodelan dilakukan dengan mengidentifikasi parameter fisik, kimia dan biologi yang timbul dari aktifitas manusia yang telah ada. Setiap parameter yang memberikan peluang untuk mengganggu kestabilan perairan dimodelkan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar dampak yang akan ditimbulkannya. Nilai-nilai ambang batas non alamiah akan dapat diketahui jika pada kondisi maksimum secara optimal perairan dapat menetralkannya. Nilai batas alamiah dapat diketahui jika perairan tersebut masih menunjukkan tidak terdapatnya gangguan dari aktifitas manusia.

Model ekosistem digunakan untuk mengkaji interaksi antara proses fisik, kimia dan biologi perairan yang memberikan kontribusi terhadap daya dukung lingkungan perairan. Model GIS kelautan akan bermanfaat untuk mengintegrasikan hasil pemodelan dan simulasi ke dalam sistem informasi geografis sehingga dapat dengan mudah untuk menginterpretasikan kedalam peta-peta daya dukung lingkungan perairan. Model aliran sungai bermanfaat jika perairan yang akan dikaji daya dukung lingkungannya merupakan perairan yang terdapat muara sungai dimana aliran sungai ini akan menjadi penting dalam mengkaji daya dukung lingkungan. Model prediktif rantai makanan ekosistem pesisir yang tercemar merkuri

digunakan untuk mensimulasikan kondisi parameter-parameter fisik, kimia dan biologi sebagai prediksi kualitas daya dukung lingkungan perairan.

8. Kualitas Habitat Perairan

Habitat perairan merupakan tempat atau lingkungan perairan dimana suatu biota hidup di dalamnya. Jika tempat tinggal suatu biota terganggu maka biota tersebut akan terganggu pula. Jika habitatnya terganggu, pilihan bagi biota tersebut adalah mencari tempat yang baru atau tetap bertahan dengan kondisi yang minimal. Kondisi habitat perairan ini ditentukan oleh kualitasnya. Misalnya, kualitas habitat perairan pesisir dan laut yang baik bagi biota laut adalah kondisi lingkungan perairan dimana biota laut dapat hidup dengan optimal sesuai dengan toleransi batasan hidupnya untuk menyesuaikan diri. Toleransi ini berbeda-beda untuk tiap organisme laut, sebagai contoh biota tertentu akan hidup optimal pada suhu 25 – 27°C, tetapi pada biota laut lainnya membutuhkan 23 – 25°C. Keadaan ini berlaku pula untuk parameter lainnya.

Dalam penentuan kualitas habitat perairan, perlu dilakukan identifikasi biota yang hidup di habitatnya dan penentuan nilai toleransi parameter fisik, kimia dan biologi dari masing-masing biota. Skenario pemodelan dibangun berdasarkan parameter-parameter tersebut dan mensimulasikannya untuk mengetahui perubahan yang akan terjadi di dalam habitat dan dampaknya terhadap biota yang ada.

Pembuangan limbah penambangan emas yang mengandung logam berat merkuri ke perairan akan mempengaruhi kualitas habitat perairan. Jika biota perairan membutuhkan habitat perairan yang optimal dengan beragam parameter yang saling berinteraksi, maka model rantai makanan ekosistem pesisir yang tercemar merkuri dapat digunakan untuk memprediksi dan menginterpretasikan kemungkinan yang akan terjadi sehingga dapat dilakukan pengambilan keputusan. Model prediktif rantai makanan ekosistem pesisir yang tercemar merkuri digunakan untuk memprediksi kondisi parameter-parameter fisik, kimia dan biologi sebagai prediksi kualitas perairan

9. Kualitas Perairan Muara Sungai

Perairan di muara sungai adalah perairan yang paling rentan terhadap perubahan yang terjadi di sungai dan di laut. Hal ini disebabkan karena kualitas perairan muara sungai sangat ditentukan oleh kondisi kualitas di sungai dan di laut. Kualitas perairan di muara sungai dapat mencerminkan kondisi perairan di badan sungai dan di laut sehingga dapat menduga kondisi kualitas perairan di sungai dan perairan laut tersebut. Kualitas perairan di muara sungai dikatakan baik adalah jika tidak ada pengaruh yang merugikan yang berasal dari sungai dan

laut terhadap organisme, habitat dan fungsi ekosistem di perairan muara sungai. Meskipun dinamika perairan di muara sungai yang besar, tetapi dinamika tersebut berlangsung konstant dan tidak bersifat merugikan bagi kehidupan organisme di muara sungai maka dapat dikatakan muara sungai tersebut memiliki kualitas yang baik. Kualitas muara sungai yang terjaga dengan baik akan mempertahankan keberlangsungan kehidupan organisme tersebut termasuk komoditi bernilai ekonomis..

Pemodelan secara komprehensif dapat menggambarkan proses-proses yang mempengaruhi kualitas perairan di muara sungai dengan menggunakan skenario dan simulasi pemodelan untuk memperlihatkan pengaruh dari sungai dan laut terhadap organisme, habitat dan ekosistemnya. Pertanyaan mengenai mengapa kuantitas udang galah dan lobster berkurang atau bilamana udang galah dan lobster akan hilang di suatu perairan muara sungai akan terjawab dan dapat disimulasikan melalui skenario pemodelan.

Model yang digunakan dalam membangun skenario pemodelan kualitas perairan muara sungai adalah meliputi pengkajian pola sirkulasi arus laut dan sungai, penyebaran bahan kimia terlarut di sungai dan di laut, pergerakan partikel dan pola penyebaran sedimen di sungai dan di laut, dan skenario dari pengaruh organisme laut terhadap perubahan kualitas di perairan muara sungai. Model prediktif rantai makanan ekosistem pesisir yang tercemar merkuri digunakan untuk mensimulasikan kondisi parameter-parameter fisik, kimia dan biologi sebagai prediksi kualitas perairan muara sungai.

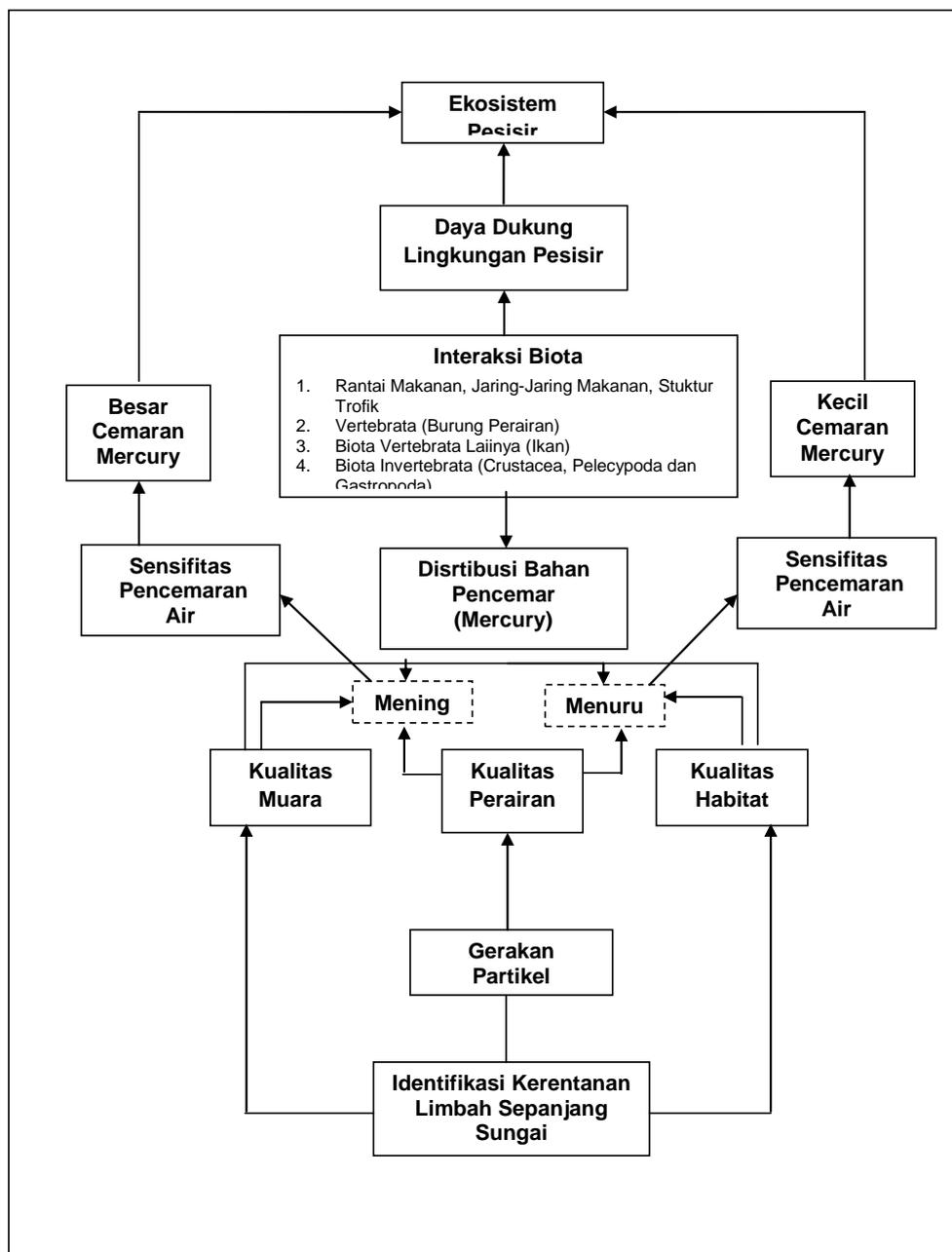
10. Identifikasi Kerentanan Limbah Sepanjang Sungai

Badan sungai merupakan sumber-sumber berbagai macam bahan pencemar dari mulai hulu sampai hilir sungai di sepanjang daerah aliran sungai (*cacthment area*). Pada saat limbah sampai di muara sungai dan menimbulkan dampak atau gangguan terhadap organisme dan habitat tersebut, kesulitan akan muncul pada saat mengidentifikasi asal sumber pencemar. Hal ini terjadi karena meskipun dapat mengidentifikasi jenis bahan limbah pencemar tersebut tetapi sulit untuk diketahui jika terdapat dua atau lebih sumber buangan limbah jenis tersebut di sepanjang sungai. Sumber buangan limbah mana yang sebenarnya mencemari perairan muara sungai.

Pemodelan dapat secara langsung membantu untuk mensimulasikan bagaimana karakteristik pola sebaran limbah bahan pencemar dari sumber-sumber yang diduga dari mulai asalnya sampai ke muara sungai. Perbandingan, selisih dan total konsentrasi dan spesiasi senyawa kompleks bahan pencemar di sepanjang pola sebaran individu dapat menentukan sumber bahan limbah pencemar berasal.

Model hidrodinamika dan aliran sungai digunakan untuk mensimulasikan pola aliran arus di sepanjang sungai sampai ke muara sungai. Model ini digunakan untuk mensimulasikan sebaran bahan limbah polutan terlarut beserta perubahan konsentrasinya. Model prediktif rantai makanan ekosistem pesisir yang tercemar merkuri digunakan untuk mensimulasikan kondisi kerentanan limbah di sepanjang aliran sungai terhadap parameter-parameter biologi dan respon organisme.

III. DIAGRAM MODEL PREDIKTIF RANTAI MAKANAN EKOSISTEM PESISIR TERCEMAR MERKURI



Penjelasan diagram model.

Ekosistem pesisir merupakan kawasan yang memiliki kompleksitas komponen maupun proses. Hal ini disebabkan oleh karena ekosistem pesisir mendapatkan pengaruh yang cukup besar dari kawasan di sekitarnya, disamping itu pula ekosistem pesisir adalah bagian akhir dari wilayah daratan dan masih mendapat pengaruh dari daratan yakni adanya aliran sungai yang bermuara di ekosistem pesisir itu sendiri.

Adanya fakta tersebut sangat berhubungan dengan daya dukung lingkungan pesisir. Daya dukung lingkungan selanjutnya dipengaruhi oleh adanya interaksi biota dalam hal ini rantai makanan, jaring-jaring makanan, struktur trofik dari komponen biotik yang ada di kawasan tersebut yakni vertebrata (ikan/burung), invertebrata (crustacea, pelecypoda dan gastropoda) dan ekosistem mangrove. Interaksi biota tersebut memberikan pengaruh langsung pada distribusi bahan pencemar, dalam hal ini merkuri, atau dapat dikatakan bahwa hal tersebut merupakan distribusi bahan pencemar secara biologis. Selain itu kadar merkuri yang ada ekosistem pesisir juga dipengaruhi oleh kondisi kerentanan limbah yang terdapat di sepanjang aliran sungai yang menuju ekosistem pesisir, gerakan partikel, kualitas perairan, kualitas habitat dan kualitas muara sungai. Adnya peningkatan maupun penurunan komponen-komponen tersebut memberikan pengaruh pada meningkatnya dan menurunnya sensitifitas pencemaran air, yang pada tahapan selanjutnya menentukan besar kecilnya cemaran merkuri.

Dapat dikatakan bahwa interaksi biota (rantai makanan, jaring-jaring makanan dan struktur trofik) merupakan proses utama secara biologis yang menentukan terdistribusinya bahan pencemar (merkuri) di ekosistem pesisir serta menjadi tolok ukur terhadap kualitas daya dukung lingkungan di ekosistem pesisir.

Lampiran III.

3. JURNAL ber- ISSN

**Jurnal BIOLOGI
Universitas Udayana
ISSN 1410 5292**

(status: Revisi ke 2 sudah dikembalikan ke reviewer)

SPEKIES BURUNG PERAIRAN PESISIR YANG TERPAPAR MERKURI LIMBAH PENAMBANGAN EMAS TRADISIONAL DI KABUPATEN POHUWATO GORONTALO

WATERBIRD SPECIES WHICH EXPOSED TO MERCURY FROM ARTISANAL GOLD MINING WASTE IN POHUWATO REGENCY GORONTALO

Comment [PR1]: Sudah ditambah

INTISARI

Stabilitas suatu ekosistem dapat dipengaruhi oleh proses yang berlangsung dalam rantai makanan, seperti masuknya logam berat merkuri (Hg) yang berasal dari limbah penambangan emas tradisional. Burung perairan adalah salah satu organisme puncak pada struktur tropik dalam ekosistem perairan pesisir, sehingga burung dapat mengakumulasi merkuri dalam tubuhnya. Tujuan penelitian adalah mengidentifikasi spesies burung perairan yang terpapar merkuri, dan mengetahui konsentrasi kadar merkuri yang terakumulasi dalam organ tubuh burung. Survey sampel burung perairan dilakukan di pesisir dan muara sungai Taluduyunu dan sungai Randangan di Kabupaten Pohuwato, karena di kawasan hulu kedua sungai ini menjadi areal penambangan emas tradisional. Identifikasi nama spesies burung sampel dilakukan di Laboratorium Zoologi Universitas Negeri Gorontalo, sedangkan kadar merkuri dianalisis dari jaringan-jaringan organ hati, ginjal dan otot dada burung sampel dengan perangkat AAS (*atomic absorption spectrophotometry*) menggunakan metode uji laboratorium SNI 01-2896-1998 butir 6. Hasil penelitian menemukan tujuh spesies burung perairan dengan rerata kadar merkuri dalam organ tubuh, sebagai berikut: *Todirhamphus chloris* (2,345 ppm), *Himantopus leucocephalus* (0,576 ppm), *Tringa glareola* (0,354 ppm), *Numenius phaeopus* (0,296 ppm), *Nycticorax nycticorax* (0,248 ppm), *Butorides striatus* (0,107 ppm), dan *Anas gibberifrons* (0,096 ppm).

Comment [PR2]: Sudah dikoreksi sesuai saran editor

Kata kunci: burung perairan, merkuri, limbah penambangan emas

ABSTRACT

Stability of an ecosystem can be affected by the process that takes place in the food chain, such as intake of mercury (Hg) from artisanal gold mining waste. Waterbird is one of peak organisms in the trophic structure of coastal ecosystem so that the birds accumulate mercury in their bodies. The objective of this research was to identify species of waterbirds that were exposed to mercury, and to determine levels concentration of mercury that accumulated in the organs of birds. The surveyed of waterbird took places in coastalline and estuaries of Taluduyunu and Randangan rivers in Pohuwato, because of the area of the rivers are the artisanal gold mining. Identification of the waterbirds was conducted to establish the name of the species, whereas mercury levels were analyzed from the tissues of liver, kidney and breast muscle samples with using AAS (*atomic absorption spectrophotometry*) devices laboratory with test methods SNI01-2896-1998 point 6. The research found seven waterbirds species with average concentrations exposed to mercury, namely: *Todirhamphus chloris* (2,345 ppm), *Himantopus leucocephalus* (0.576 ppm), *Tringa glareola* (0.354 ppm), *Numenius phaeopus* (0,296 ppm), *Nycticorax nycticorax* (0.248 ppm), *Butorides striatus* (0.107 ppm), and *Anas gibberifrons* (0.096 ppm).

Comment [PR3]: Sudah dikoreksi sesuai saran editor

Keywords: waterbirds, mercury, gold mining waste

PENDAHULUAN

Pembangunan lingkungan hidup dapat ditempuh melalui sejumlah pendekatan dan strategi yang menerapkan praktek lingkungan yang baik di seluruh sektor penting, termasuk usaha pertambangan. Pengusahaan tambang diharapkan peduli terhadap upaya perlindungan lingkungan dan pemeliharaan keragaman sumberdaya hayati dan genetiknya serta keragaman spesies dalam ekosistemnya. Pemberlakuan baku mutu lingkungan dalam kegiatan penambangan adalah hal mutlak untuk dapat menjamin stabilitas ekosistem secara keseluruhan.

Stabilitas suatu ekosistem dapat dipengaruhi oleh proses yang berlangsung dalam rantai makanan yang melibatkan komponen-komponen biotik dan abiotik. Gangguan yang terjadi dalam rantai makanan, seperti masuknya unsur kimia logam berat merkuri (Hg) dan sianida (CN) yang mencemari ekosistem perairan menjadi indikasi adanya permasalahan di suatu ekosistem (Boyd *et al.*, 2009).

Monometil-merkuri disingkat metil merkuri terdiri dari metil (CH_3^-) yang terikat atom merkuri dengan rumus kimia CH_3Hg^+ (kadang ditulis sebagai MeHg^+). Ion metil merkuri mudah larut dalam air, bersifat toksik dan terikat dalam jaringan tubuh jasad renik perairan. Bila jasad renik ini menjadi organisme dalam rantai makanan ikan, kepiting, atau kerang maka akan terjadi bioakumulasi logam berat dalam tubuh biota air tersebut (Kambey *et al.*, 2001; Limbong *et al.*, 2003; Widhiyatna, 2005). Bioakumulasi merupakan proses peningkatan konsentrasi logam berat dalam tubuh makhluk hidup sesuai tingkatan piramida makanan (Bank *et al.*, 2007). Makin tinggi struktur tropik satu jenis organisme dalam rantai makanan makin besar pula kadar logam berat yang terkandung dalam tubuh organisme tersebut (Campbell *et al.*, 2003).

Biota air seperti ikan, kepiting dan kerang di perairan tercemar logam berat kemudian dimangsa oleh burung perairan, maka akan terjadi akumulasi logam berat yang cukup tinggi dalam tubuh burung. Burung memiliki organ hati yang berfungsi menyerap senyawa kimia dan menyimpan cadangan energi bagi tubuh (Moore *et al.*, 1986). Logam berat merkuri yang dikonsumsi bersama makanan akan masuk ke jaringan otot tubuh, ginjal sebagai alat ekskresi, dan organ hati (Hosseini *et al.*, 2014).

Burung perairan adalah salah satu predator puncak dalam struktur tropik dalam rantai makanan ekosistem pesisir. Hewan predator seperti ikan hiu dan burung pemakan ikan memiliki konsentrasi merkuri yang lebih tinggi dalam jaringan tubuhnya daripada organisme yang mendapat kontak langsung dengan perairan. Karena itu memungkinkan merkuri akan lebih lama tersimpan dalam jaringan lemak tubuh organisme predator dan adanya peningkatan

Comment [PR4]: Sudah dikoreksi sesuai saran editor

Comment [PR5]: Sudah ada referensi

daya racun merkuri (Croteau *et al.*, 2005). Kondisi ini dapat menyebabkan gangguan penyakit, kelainan dan kematian (Ogola *et al.*, 2002; Baker *et al.*, 2004).

Logam berat merkuri banyak digunakan dalam proses amalgamasi, berupa proses pengikatan unsur emas dengan logam merkuri. Hal ini disebabkan sifat permukaan tekanan merkuri lebih tinggi dari air tetapi lebih kecil dari emas sehingga memungkinkan merkuri dapat menyerap partikel emas. Merkuri juga sebagai medium padat saat emas berikatan dengan merkuri (Krisnayanti *et al.*, 2012). Bentuk amalgam ini kemudian dibakar untuk menguapkan atau melepaskan merkuri hingga tertinggal butir-butir emas (SLHD, 2011).

Pada penambangan emas secara tradisional di Kabupaten Pohuwato, proses pembentukan amalgam dilakukan dengan menggunakan tromol (tabung) yang diisi air, batuan/pasir emas dan merkuri, kemudian tromol diputar menggunakan diesel atau turbin air yang dirancang sendiri oleh kelompok pengelola tambang. Putaran tromol membantu mempercepat proses pengikatan butiran emas dengan merkuri, hasilnya disebut bullion. Proses pengikatan emas ini kemudian menghasilkan limbah berupa cairan lumpur dan partikel pasir halus yang masih mengandung ion merkuri (Hg^{2+}). Limbah ini kemudian dialirkan ke saluran air yang berhubungan dengan aliran sungai Taluduyunu dan sungai Randangan. Kedua sungai ini bermuara di pesisir selatan Kabupaten Pohuwato yang menjadi habitat mencari makan bagi burung-burung perairan (SLHD, 2011). Proses ini pula yang diduga menyebabkan adanya kandungan merkuri di perairan daerah aliran sungai Buyat Minahasa (Polii dan Desmi, 2002). Secara global diperkirakan setiap tahun lebih dari 300 ton merkuri menguap ke udara dan 700 ton mencemari sungai (Speigel, 2010), sementara hasil studi inventory merkuri tahun 2012 secara global lepasan merkuri ke perairan sebagian besar bersumber dari proses penambangan emas secara tradisional atau skala kecil (UNEP, 2013).

Pengolahan emas secara tradisional di Kabupaten Pohuwato telah berlangsung lama dan lebih intensif sejak awal tahun sembilan puluhan (SLHD, 2011). Pembuangan limbah penambangan emas ke perairan sungai menyebabkan air sungai keruh akibat sedimen dan masih mengandung limbah merkuri, sehingga mengindikasikan terjadinya pencemaran di ekosistem perairan sungai dan pada akhirnya berpengaruh terhadap kehidupan flora dan fauna, dan mengancam keragaman spesies dan ekosistemnya. Di lain pihak, sungai merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari rantai makanan dalam suatu ekosistem. Pencemaran oleh limbah merkuri memiliki pengaruh besar terhadap ekosistem setempat disebabkan oleh sifatnya yang stabil dalam sedimen, kelarutannya dalam air sehingga mudah diserap dan terakumulasi dalam jaringan tubuh organisme air, baik melalui proses bioakumulasi maupun biomagnifikasi melalui rantai makanan (Baeyens *et al.*, 2003)

Comment [PR6]: SUDAH DIKOREKSI
DAN DIDUKUNG REFERENSI

Berdasarkan uraian di atas, pelepasan limbah merkuri dari proses penambangan emas tradisional ke perairan telah berdampak pada kehidupan biota perairan dan ekosistemnya, karena itu dipandang perlu melakukan penelitian. Tujuan penelitian ini adalah; (1) mengidentifikasi spesies burung perairan yang terpapar logam merkuri, (2) mengetahui konsentrasi kadar merkuri yang terakumulasi pada jaringan tubuh spesies burung perairan. Target penelitian ini adalah memperoleh data species burung perairan dalam yang terakumulasi merkuri dalam tubuhnya.

Comment [y7]: Anda memerlukan kalimat yang mengantarkan anda ke tujuan penelitian dari paragraph sebelumnya. Jadi tidak serta merta muncul tujuan penelitian.

SUDAH DIBERI PENGANTAR

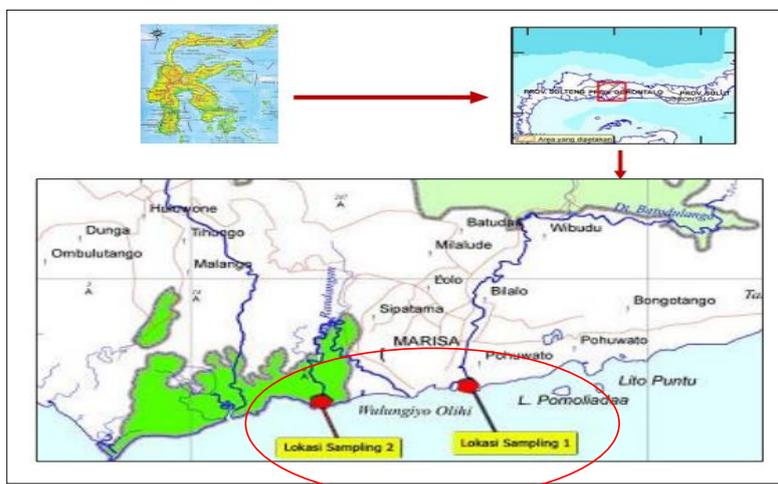
Manfaat hasil penelitian ini diharapkan menjadi data dasar untuk kebijakan pelestarian keanekaragaman hayati, kesehatan lingkungan dan pengolahan sumberdaya mineral yang ramah lingkungan. Diharapkan penelitian ini akan dilanjutkan untuk memperoleh data kandungan merkuri pada jaringan tubuh biota perairan pesisir yang menjadi rantai makanan bagi spesies burung perairan pesisir.

MATERI DAN METODE

Lokasi pengambilan sampel burung perairan ditetapkan secara *purposive* di kawasan muara sungai Taluduyunu dan sungai Randangan Kabupaten Pohuwato, dengan pertimbangan di kawasan hulu ke dua sungai ini telah lama berlangsung penambangan emas tradisional dengan menggunakan merkuri. Peta lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada gambar 1.

Comment [PR8]: Sudah dikoreksi sesuai saran editor.

Comment [PR9]: Sesuai saran; Peta diperbesar dan fokus pada lokasi pengambilan sampel, titik pengambilan sampel juga ditunjukkan dalam peta.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel

Survey pengambilan sampel burung perairan di kawasan muara sungai Taluduyunu dan sungai Randangan dilakukan dengan teknik jelajah. Pengambilan sampel dipandu oleh 5

orang penduduk setempat yang mengetahui lokasi mencari makan burung perairan, mampu mendeskripsikan perbedaan karakter burung serta mengenal nama lokal burung perairan.

Dengan mempertimbangkan aspek pelestarian populasi burung serta hasil wawancara dengan pemandu, maka ditetapkan satu individu untuk setiap satu nama lokal burung dalam usia dewasa tanpa membedakan jenis kelamin. Adapun sasaran burung sampel dideskripsikan oleh pemandu, kemudian target sasaran dibidik langsung oleh pemandu. Sampel burung yang diperoleh kemudian diberi label nama lokal, deskripsi ciri morfologi serta identitas lainnya.

Penyiapan organ hati, ginjal dan otot dada burung sampel dilakukan di Laboratorium Zoologi Jurusan Biologi Universitas Negeri Gorontalo, demikian pula identifikasi nama spesies burung sampel dengan menggunakan kunci identifikasi. Uji kandungan merkuri pada organ sampel burung dilakukan di Laboratorium Uji dan Kalibrasi BBIPH Makassar menggunakan perangkat *Atomic Absorption Spectrophotometer* dengan metode SNI 01-2896-1998 butir 6. Analisis data dilakukan berdasarkan data uji laboratorium kandungan merkuri pada organ tubuh burung. Data sekunder yang digunakan berupa jenis-jenis burung perairan yang biasanya ditemukan masyarakat di kawasan pesisir, dan peta wilayah pengolahan pertambangan emas oleh rakyat serta aliran pembuangan limbah yang diperoleh dari Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Pohuwato.

HASIL

Identifikasi Burung Perairan yang Terpapar Merkuri

Berdasarkan hasil identifikasi peneliti diperoleh tujuh spesies burung perairan yang terpapar merkuri yang mencari makan di kawasan hilir dan muara sungai Taluduyunu dan sungai Randangan. Ke tujuh spesies tersebut adalah sebagai berikut:

1) *Tringa glareola* (Wood Sandpiper)

Spesies ini dikenal di Indonesia sebagai burung Trinil, dan oleh penduduk di daerah penelitian disebut Ndui-ndui. Burung Trinil termasuk dalam famili Scolopacidae dan genus *Tringa*. Bulu tubuh coklat kehitam-hitamaan, kaki berwarna coklat. Burung Trinil merupakan jenis pemakan krustase, serangga dan invertebrate yang hidup di perairan pesisir dan muara sungai. Jenis burung ini lebih banyak ditemukan dalam kelompok dan mencari makan di kawasan perairan pesisir laut dan areal tambak. Trinil juga banyak ditemukan masyarakat mencari makan di areal persawahan pada saat musim tanam padi.

2) *Anas gibberifrons* (Sunda Teal)

Spesies ini dikenal di Indonesia sebagai Belibis atau Itik Benyut, dan oleh penduduk di daerah penelitian disebut Duwiwi. Bulu tubuh dominan berwarna coklat, sayap berwarna coklat-hitam-putih, kaki berwarna abu-abu kehitaman, bentuk paruh bebek. Burung ini

Comment [y10]: Kenapa dipilih 3 organ ini, referensi dari siapa ? bisa dicek dg komentar pada bagian pendahuluan

Comment [PR11]: Alasan memilih 3 organ ini merujuk referensi (Hosseini *et al.*, 2014).pd pendahuluan

Comment [PR12]: Sudah dikoreksi dan sesuai saran editor. Pada bagian awal diuraikan ttg spesies yg ditemukan, dan bagian akhir kandungan merkuri pada tubuh burung.

Comment [y13]: Berdasarkan wawancara dengan penduduk, bukan peneliti yang mengidentifikasi ?

IDENTIFIKASI OLEH PENELITI

Comment [y14]: Selain nama latin dan nama daerahnya, sebaiknya ditambahkan nama Inggris dan nama Indonesianya. Bisa cek di Buku panduan burung seri MacKinnon

SUDAH ADA NAMA BHS INGGRIS DAN BAH INDONESIA

ditemukan dalam kelompok yang relatif banyak, sebagai burung memangsa ikan, cacing dan moluska di daerah persawahan, tambak, rawa, danau.

3) *Butorides striatus* (Green-backed Heron)

Burung ini di Indonesia dikenal sebagai Kokokan laut, dan oleh penduduk di daerah penelitian disebut Touw. Spesies ini termasuk dalam famili Ardeidae dari genus Butorides. Bulu tubuh dominan berwarna keabu-abuan. Burung ini pemangsa ikan, serangga, udang di habitat pantai, muara dan tambak. Biasanya terbang mencari makan sendiri, bertengger di atas batu atau tanggul tepi air untuk mengintai mangsa.

4) *Todirhamphus chloris* (Collared kingfisher/Mangrove kingfisher)

Spesies burung ini dikenal di Indonesia sebagai Cekakak, dan penduduk di daerah penelitian disebut sebagai Watiwatingo. Bulu bagian punggung berwarna biru dan bagian bawah putih, bulu di bagian kepala warna ungu. Burung ini pemangsa ikan, kepiting, kerang, moluska, atau serangga. Burung ini juga ditemui mencari makan hingga di areal persawahan, tambak dan rawa.

5) *Himantopus leucocephalus* (Black-winged Stilt)

Burung ini di Indonesia dikenal sebagai Bayaman, dan oleh penduduk di daerah penelitian disebut burung Suster. Burung ini termasuk pemangsa ikan, cacing dan moluska di perairan pesisir, persawahan dan tambak. Bulu di bagian dada hingga bagian bawah warna putih, bulu bagian punggung dan sayap kehitaman, kaki berwarna merah.

6) *Numenius phaeopus* (Whimbrel)

Spesies burung ini dikenal di Indonesia sebagai Gajahan, dan oleh penduduk di daerah penelitian sebagai burung Ndui-ndui besar. Tubuh burung berukuran besar, bulu tubuh berwarna coklat kehitaman, kaki berwarna coklat. Spesies burung ini sebagai pemangsa kepiting, keong dan moluska di perairan dan pesisir.

7) *Nycticorax nycticorax* (Black-Crowned/Night Heron)

Burung ini di Indonesia disebut Kowak malam, dan oleh penduduk di daerah penelitian dikenal sebagai Touw putih. Bulu sayap berwarna coklat, bulu bagian kepala warna hitam, bulu bagian dada putih, kaki berwarna kuning kehijauan. Burung ini biasanya terbang dalam kawanan yang cukup banyak, memangsa ikan, cacing dan moluska di perairan pesisir, tambak dan persawahan.

Kandungan Merkuri yang Terakumulasi pada Tubuh Burung Perairan

Hasil analisis kandungan merkuri pada tujuh spesies burung perairan dilakukan pada sampel organ burung sejumlah 21 sampel, masing-masing tujuh sampel organ hati, organ

ginjal dan jaringan otot dada. Hasil uji laboratorium atas kandungan merkuri pada setiap organ sampel burung seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Merkuri (Hg) pada Species Burung Perairan yang Ditemukan di Kawasan Pesisir Kabupaten Pohuwato.

No.	Nama spesies (Nama lokal)	Kandungan Hg dalam Organ Sampel Burung (ppm)*			Rata-rata Kandungan Hg (ppm)
		Hati	Ginjal	Otot dada	
1	<i>Tringa glareola</i> (Trinil/Ndiu-ndui)	0,187	0,846	0,029	0,354
2	<i>Anas gibberifrons</i> (Itik benyut/ Duwiwi)	0,085	0,180	0,023	0,096
3	<i>Butorides striatus</i> (Kokokan laut/ Touw)	0,050	0,226	0,045	0,107
4	<i>Todirhamphus chloris</i> (Cekakak/ Watiwatingo)	1,597	4,913	0,525	2,345
5	<i>Himantopus leucocephalus</i> (Bayaman /Burung suster)	0,327	1,308	0,092	0,576
6	<i>Numenius phaeopus</i> (Gajahan/Ndiu-ndui besar)	0,235	0,611	0,043	0,296
7	<i>Nycticorax nycticorax</i> (Kowak malam/Touw putih)	0,082	0,586	0,078	0,248

Keterangan: *menggunakan AAS- metode uji SNL.01-2896-1998 butir 6

Comment [y15]: Lebih spesifik.

SUDAH DISPEKIFIKAN DGN MEMASUKKAN LOKASI

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini spesies *Todirhamphus chloris*, *Himantopus leucocephalus* dan *Tringa glareola* merupakan tiga spesies burung perairan yang terpapar logam berat merkuri rata-rata cukup tinggi dalam organ tubuhnya. Temuan penelitian burung perairan di pesisir Utara Gorontalo pada tahun 2013, Trinil (*Tringa* sp.) menempati urutan tertinggi mengakumulasi merkuri dalam organ tubuhnya rata-rata sebesar 0,35 ppm pada tiga organ sampel, sementara *Butorides* sp. mengakumulasi merkuri sebesar 0,17 ppm (Utina *et al.*, 2013). Diduga jenis-jenis ini memiliki wilayah jelajah mencari makan yang luas mencakup wilayah habitat persawahan di kawasan hilir sungai hingga muara sungai dan kawasan pesisir.

Kandungan merkuri pada organ ginjal rata-rata lebih tinggi disusul kandungan pada organ hati dan otot dada, seperti konsentrasi merkuri pada ginjal *Todirhamphus* menunjukkan angka tertinggi (4,913 ppm). Hal ini diduga berkenaan dengan sifat metil merkuri sebagai zat yang mudah larut dalam lemak dan tidak dapat diekskresikan dalam urin sehingga lebih banyak mengendap di ginjal. (Boyd *et al.*, 2009)

Bioakumulasi dan biokonsentrasi penumpukan metil merkuri di dalam jaringan adiposa tingkat trofik berturut-turut: zooplankton, nekton kecil, invertebrata lain, ikan, burung predator dan hewan yang lebih besar yang memakan ikan ini juga mengkonsumsi merkuri

Comment [PR16]: Pembahasan sudah dikoreksi dan disesuaikan dengan saran editor

semakin tinggi (Croteau *et al.*, 2005). Dalam tubuh ikan, metil merkuri masuk melalui insang dan lewat rantai makanan, dan dalam jumlah terbesar terdapat di ikan-ikan karnivora (Utina *et al.*, 2013). Pada setiap tingkat rantai makanan terjadi kehilangan energi, karena itu predator harus mengkonsumsi lebih banyak mangsa dalam arti mengkonsumsi zat lipofilik (lemak) dari mangsanya

Proses ini menjelaskan mengapa burung predator memiliki konsentrasi merkuri yang lebih tinggi, misalnya, ikan mengandung merkuri sekitar 0,01 ppm sementara ikan hiu mengandung merkuri lebih besar dari 1 ppm (EPA,1997). Species-species pada tingkat trofik puncak ini memungkinkan pula species burung perairan yang ditemukan dalam penelitian ini mengakumulasi logam merkuri lebih tinggi (Baeyens *et al.*, 2003).

Burung perairan yang ditemukan dalam penelitian ini merupakan burung predator yang mencari mangsa di habitat pesisir pantai di muara sungai Taluduyunu dan sungai Randangan. Species burung ini memangsa ikan, kerang, udang, kepiting atau invertebrata lainnya di perairan kawasan pesisir, Kandungan logam merkuri yang terpapar dalam tubuh burung perairan pesisir menunjukkan adanya logam merkuri yang terpapar dalam jaringan tubuh biota pesisir yang menjadi mangsa burung-burung di perairan pesisir. Logam merkuri yang terpapar dalam jaringan tubuh biota pesisir seperti ikan, kerang, kepiting, moluska menjadi indikasi adanya kandungan logam merkuri dalam badan air sungai hingga bermuara di kawasan pesisir dan laut.

Kondisi perairan pesisir dan muara sungai Taluduyunu dan sungai Randangan akan mencapai ketidak stabilan ekosistem, hal ini diduga dipengaruhi oleh faktor biotik dalam rantai makanan ekosistem yang teridentifikasi terpapar logam merkuri. Pencemaran perairan sungai akibat masuknya logam berat merkuri menjadi indikasi adanya permasalahan di suatu ekosistem (Boyd *et al.*, 2009).

SIMPULAN

Hasil penelitian ini mengidentifikasi tujuh species burung perairan yang terpapar merkuri, yaitu: *Tringa glareola*, *Anas gibberifrons*, *Butorides striatus*, *Todirhamphus chloris*, *Himantopus leucocephalus*, *Numenius phaeopus* dan *Nycticorax nycticorax*. Ke tujuh species burung perairan ini terindikasi mengakumulasi logam merkuri (Hg) pada jaringan organ tubuh. Rerata konsentrasi kandungan merkuri dalam jaringan organ tubuh burung perairan, yaitu; *Todirhamphus chloris* 2,345 ppm, *Himantopus leucocephalus* 0,576 ppm, *Tringa glareola* 0,354 ppm, *Numenius phaeopus* 0,296 ppm, *Nycticorax nycticorax* 0,248 ppm, *Butorides striatus* 0,107 ppm dan *Anas gibberifrons* 0,096 ppm.

Comment [y17]: Digabung saja dengan paragraph dibawahnya. Tidak bisa 1 paragraf hanya disusun oleh 1 kalimat saja.

SUDAH DIGABUNG

Comment [PR18]: Sudah dijelaskan pd bagian Metode ttg cara menetapkan/identifikasi nama a spesies. Nama lokal diketahui dari pemandu lapangan. Pada simpulan ini menjawab tujuan penelitian 1 yaitu: mengidentifikasi spesies burung perairan yang terpapar logam merkuri;

OK

Comment [PR19]: Sudah dijelaskan pd bagian Pembahasan ttg dugaan kandungan pada spesies yg berbeda.

Pada simpulan ini menjawab tujuan penelitian 2, yaitu: mengetahui konsentrasi kadar merkuri yang terakumulasi pada jaringan tubuh burung perairan.

OK

Species burung perairan ini merupakan predator bagi biota perairan pesisir, seperti; ikan, kerang, kepiting dan moluska yang tersebar di kawasan pesisir, muara sungai, tambak dan persawahan penduduk. Akumulasi logam berat merkuri dalam jaringan tubuh species burung perairan masuk melalui komponen rantai makanan dari spesies-spesies burung perairan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini beroleh dukungan dana hibah bersaing dari DP2M DitjenDikti tahun 2015. Pengumpulan data dan penyiapan sampel dibantu oleh teknisi dan peneliti pada Pusat Kajian Ekologi Pesisir berbasis Kearifan Lokal Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Gorontalo. Untuk itu disampaikan terimakasih dan penghargaan kepada pihak pemberi dana serta tenaga peneliti sehingga penelitian ini dapat diselesaikan sesuai rencana.

KEPUSTAKAAN

- Baeyens, W., M. Leermakers, T. Papina, A. Saprykin, N. Brion, J. Noyen, M. De Gieter, M. Elskens, and L. Goeyens. 2003. Bioconcentration and Biomagnification of Mercury and Methylmercury in North Sea and Scheldt Estuary Fish. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 45:498-508
- Baker, R.F., P.J. Blanchfield, M.J. Paterson, R.J. Flett, and L. Wesson. 2004. Evaluation of Nonlethal Methods for the Analysis of Mercury in Fish Tissue. *Transac. Am. Fish. Soc.* 133: 568-576.
- Bank, M.S., E. Chesney, J.P. Shine, A. Maage, and D.B. Senn. 2007. Mercury Bioaccumulation and Trophic Transfer in Sympatric Snapper Species from the Gulf of Mexico. *Ecological Applications*, 17:2100-2110
- Boyd, E.S., K. Susan, K. Jeffery, D. Tomberlin, N. Kirk, P.K. David, B. Tamar, and G.G. Gill. 2009. Methylmercury Enters an Aquatic Food-web Through Acidophilic Microbial Mats in Yellowstone National Park, Wyoming. *Environmental Microbiology*, 11(4),950–959.DOI:10.1111/j.1462-2920.2008.01820.
- Campbell, L.M., R.E. Hecky, J. Nyaundiv, R. Muggide, and D.G. Dixon. 2003. Distribution and Food-web Transfer of Mercury in Napolean and Winam Gulfs, Lake Victoria, East Africa. *Journal of the Great Lakes Research*, 29:267-282.
- Croteau, M., S.N. Luoma, and R.A. Stewart. 2005. Metal Tropic Transfer on Fresh Water Food-web: Biomagnification of Cadmium. *Journal of Limnology Oceanography*.50 (5): 1511-1519
- Dhillon, S.S., and S. Jasbir. 2004. *Agricultural Geography*. 3rd edition. Tata Mc.Grew-Hill Education. New Delhi. 492 pages.

Comment [PR20]: Sudah dikoreksi dan sesuai saran editor.

REFERENSI PENDUDUKUNG LAINNYA SUDAH MASUK

- EPA (Environmental Protection Agency). 1997. Study of Mercury; An Evaluation of Magnification of Mercury in US. *Report for Congress. Vol. IV*, EPA-452/R-97-006.US
- Hosseini M, Nabavi SMB, Parsa Y, Nabavi SN. 2014. Mercury Accumulation in Food Chain of Fsh, Crab and Sea bird from Arvand River. *J.Marine Sci Res Dev* 4: 148. DOI:10.4172/2155-9910.1000148.
- Kambey, J.L., A.P. Farrel, and L.I. Bendell-Young. 2001. Influence of Illegal Gold Mining on Mercury Levels in Fish of North Sulawesi's Minahasa Peninsula (Indonesia). *Environ. Pollution J.*,114: 299-302.
- Krisnayanti, B.D., A. Zainal, Bustan, Sudirman, W.H. Utomo, and C. Anderson. 2012. *Potential Pollution of Mercury as Impact of the Illegal Gold Mining at Nusa Tenggara Barat Province*. Proceeding of the Conference and National Seminary 21th The Environmental Study Center of Indonesia, Mataram 13-15 September 2012
- Limbong, D., J. Kumampung, J. Rimper, T. Aria, and N. Miyasaki. 2003. Emission and Environmental Implications of Mercury from Artisanal Gold Mining in North Sulawesi, Indonesia. *Science of Total Enviroment J.* 302: 227-236.
- Moore, S.J., J.D. Norris, and I.K. Ho. 1986. The Efficacy of Ketoglutaric Acid in the Antagonism of Cyanide Intoxication. *Toxicol Appl. Pharmacol J.* 82: 40-44.
- Ogola, J.S., W.V. Mitulla, and M.A. Omulo. 2002. Impact of Gold Mining on the Environment and Human Health. *Environmental Geochemistry and Health J.* 24: 141-158.
- Polii, B., dan N.S. Desmi. 2002. Pendugaan Kandungan Merkuri dan Sianida di Daerah Aliran Sungai (DAS) Buyat Minahasa. *J. Ekoton*, Vol. 2, No. 1, 31-37.
- SLHD (Status Lingkungan Hidup Daerah) Provinsi Gorontalo Tahun 2011. Gorontalo. Badan Lingkungan Hidup dan Riset Daerah Provinsi Gorontalo.
- Speigel, S.J. 2010. International Guidelines on Mercury Management in Small-scale Gold Mining: Identyfing Strategies to Manage Environmental Risks in Southern Equador. *Journal of Cleaner Production*, 1-9.
- UNEP, 2013. *Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport*. UNEP Chemicals Branch. Geneva, Switzerland.
- Utina, R., and A.S. Katili. 2013. Inventory of Waterbird Species which Accumulate Mercury from Mining Waste of Coastal Area North Gorontalo Regency, Indonesia. *Proceeding of International Conference on Research, Implementation and Education of Mathematics and Sciences 2014*, Yogyakarta State University.
- Widhiyatna, D. 2005. The Documentation of Mercury Exposure Due to Gold Mining Area in Tasikmalaya, West Java Province. *Colloquium-DIM Field Results* 2005.

Comment [y21]: Penerbit ?? .

SUDAH DILENGKAPI

Lampiran III.

4. ARTIKEL PERTEMUAN ILMIAH

**SEMINAR NASIONAL BIODIVERSITAS INDONESIA
2016**

UNS SOLO, 4-5 NOVEMBER 2016

No. : 003/B/KSBUNS/IX/2016
Lamp : 2
Hal : **Penerimaan Abstrak untuk Seminar Nasional**

Surakarta, 10 Oktober 2016

Kepada Yth.
Ramli Utina
Jurusan Biologi Universitas Negeri Gorontalo

Dengan hormat,

Sehubungan dengan diadakannya acara Seminar Nasional Biodiversitas 2016 yang akan diselenggarakan oleh Masyarakat Biodiversitas Indonesia dan Kelompok Studi Biodiversitas, dan akan dilaksanakan pada:

Hari/Tanggal : Sabtu, 04 November 2016
Waktu : 07.00-17.00 WIB
Tempat : Lorin Hotel Solo, Jawa Tengah

Maka bersama ini kami sampaikan bahwa hasil telaah makalah oleh Tim Reviewer, menyatakan saudara dapat menyampaikan presentasi pada acara Seminar Nasional Biodiversitas 2016 sebagai

Pemakalah Oral, dengan judul: **INVENTARISASI BIOTA PERAIRAN PESISIR SEBAGAI BIOINDIKATOR PENCEMARAN MERKURI LIMBAH PENAMBANGAN EMAS TRADISIONAL DI KABUPATEN POHUWATO GORONTALO**

Untuk itu kami mengharap kesediaan Bapak/Ibu untuk mengirimkan naskah makalah lengkap kepada panitia via email biodiversitasuns@gmail.com dalam format MS Word file/(.doc) paling lambat tanggal 28 Oktober 2016.

Demikian pemberitahuan ini kami sampaikan, atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Salam,

Sekretariat dan Kontak Person
Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A Kentingan Surakarta, Indonesia
Phone : +62 82226498910 Email : acb@uns.ac.id

**Artikel Seminar Nasional Biodiversity
Hotel Lorin Solo, 4 -5 November 2016**

**INVENTARISASI BIOTA PERAIRAN PESISIR
SEBAGAI BIOINDIKATOR PENCEMARAN MERKURI
LIMBAH PENAMBANGAN EMAS TRADISIONAL
DI KABUPATEN POHUWATO GORONTALO**

Ramli Utina, Abubakar Sidik Katili, Mustamin Ibrahim

Jurusan Biologi Universitas Negeri Gorontalo, Kota Gorontalo-96128
Pusat Kajian Ekologi Pesisir berbasis Kearifan Lokal - UNG, Kota Gorontalo-96128

E-mail korespondensi: ramliutina@yahoo.com

Abstract

Penambangan emas secara tradisional yang menggunakan logam merkuri (Hg) telah menghasilkan limbah cair yang masih mengandung merkuri dari proses pencucian logam emas. Limbah cair ini dialirkan ke saluran air tanpa pengolahan terlebih dahulu, selanjutnya masuk ke aliran sungai hingga di perairan pesisir. Masuknya merkuri ke dalam sistem ekologi perairan dapat berpengaruh pada tingkatan tropik di ekosistem pesisir. Penelitian tahun 2015 telah mengidentifikasi 7 species burung predator biota perairan pesisir beserta rerata kadar merkuri pada tubuh species burung. Tujuan penelitian ini adalah; (1) menginventarisasi species biota perairan pesisir yang menjadi mangsa burung perairan beserta kadar merkuri pada jaringan tubuh masing-masing species biota, dan (2) mengetahui konsentrasi merkuri pada akar tumbuhan mangrove. Survey dilakukan di kawasan pesisir dan muara sungai Taluduyunu dan sungai Randangan Kabupaten Pohuwato, kawasan ini menjadi habitat mencari makan bagi burung perairan. Data primer meliputi species biota perairan yang menjadi makanan bagi species burung perairan, kadar konsentrasi merkuri pada organ tubuh biota, dan organ akar tumbuhan mangrove. Identifikasi species biota dan penyiapan jaringan sampel untuk uji merkuri dilakukan di Laboratorium Biologi Universitas Negeri Gorontalo, sedangkan uji kadar merkuri pada jaringan sampel dilakukan di Laboratorium Baristan Makassar. Penelitian ini menemukan species biota perairan yang terpapar merkuri, terdiri atas; 5 species Pisces (ikan), 2 species Gastropoda, 6 species Pelecypoda, 4 species Crustacea, dan 5 species mangrove. Kandungan merkuri pada jaringan tubuh biota ini menjadi indikator adanya pencemaran merkuri di perairan yang bersumber dari limbah penambangan emas tradisional. Hasil penelitian ini menjadi bahan perumusan model prediktif rantai makanan di ekosistem pesisir yang tercemar merkuri, serta bahan pertimbangan dalam perumusan kebijakan pengelolaan keragaman hayati dan kesehatan masyarakat secara menyeluruh.

Kata Kunci: *biota perairan, merkuri, bioindikator pencemaran*