

**HaKI**

**SURAT PENCATATAN CIPTAAN  
(HAK CIPTA) KARYA TULIS  
Nomor : 085842**

**Prof. Dr. Ramli Utina, M.Pd**



**REPUBLIK INDONESIA**  
**KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA**

**SURAT PENCATATAN CIPTAAN**

Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia, berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta yaitu Undang-Undang tentang perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra (tidak melindungi kekayaan intelektual lainnya), dengan ini menerangkan bahwa hal-hal tersebut di bawah ini telah tercatat dalam Daftar Umum Ciptaan:

- I. Nomor dan tanggal permohonan : C00201604432, 03 November 2016
- II. Pencipta  
Nama : **1. Prof. Dr. RAMLI UTINA, M.Pd.,  
2. ABUBAKAR SIDIK KATILI, S.Pd., M.Sc.,  
3. MUSTAMIN IBRAHIM**  
Alamat : Jalan Sawah Besar Rt.003 Rw.005  
Kel. Heledulaa Utara, Kec. Kota Timur  
Kota Gorontalo, Gorontalo.  
Indonesia
- III. Pemegang Hak Cipta  
Nama : **1. Prof. Dr. RAMLI UTINA, M.Pd.,  
2. ABUBAKAR SIDIK KATILI, S.Pd., M.Sc.,  
3. MUSTAMIN IBRAHIM**  
Alamat : Jalan Sawah Besar Rt.003 Rw.005  
Kel. Heledulaa Utara, Kec. Kota Timur  
Kota Gorontalo, Gorontalo.  
Indonesia
- IV. Jenis Ciptaan : Karya Tulis
- V. Judul Ciptaan : **SPESIES BURUNG PERAIRAN PESISIR YANG TERPAPAR MERKURI LIMBAH PENAMBANGAN EMAS TRADISIONAL DI KABUPATEN POHUWATO GORONTALO**
- VI. Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 19 November 2015, di Bali
- VII. Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung hingga 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia.
- VIII. Nomor pencatatan : 085842

Pencatatan Ciptaan atau produk Hak Terkait dalam Daftar Umum Ciptaan bukan merupakan pengesahan atas isi, arti, maksud, atau bentuk dari Ciptaan atau produk Hak Terkait yang dicatat. Menteri tidak bertanggung jawab atas isi, arti, maksud, atau bentuk dari Ciptaan atau produk Hak Terkait yang terdaftar. (Pasal 72 dan Penjelasan Pasal 72 Undang-undang Nomor 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta)

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
REPUBLIK INDONESIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL  
u.b.  
DIREKTUR HAK CIPTA DAN DESAIN INDUSTRI

*[Signature]*



**REPUBLIK INDONESIA**  
**KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA**

**SURAT PENCATATAN CIPTAAN**

Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia, berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta yaitu Undang-Undang tentang perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra (tidak melindungi kekayaan intelektual lainnya), dengan ini menerangkan bahwa hal-hal tersebut di bawah ini telah tercatat dalam Daftar Umum Ciptaan:

- I. Nomor dan tanggal permohonan : C00201604432, 03 November 2016
- II. Pencipta  
Nama : **1. Prof. Dr. RAMLI UTINA, M.Pd.;  
2. ABUBAKAR SIDIK KATILI, S.Pd., M.Sc.;  
3. MUSTAMIN IBRAHIM**  
Alamat : Jalan Sawah Besar Rt.003 Rw.005  
Kel. Heledulaa Utara, Kec. Kota Timur  
Kota Gorontalo, Gorontalo.  
Kewarganegaraan : Indonesia
- III. Pemegang Hak Cipta  
Nama : **1. Prof. Dr. RAMLI UTINA, M.Pd.;  
2. ABUBAKAR SIDIK KATILI, S.Pd., M.Sc.;  
3. MUSTAMIN IBRAHIM**  
Alamat : Jalan Sawah Besar Rt.003 Rw.005  
Kel. Heledulaa Utara, Kec. Kota Timur  
Kota Gorontalo, Gorontalo.  
Kewarganegaraan : Indonesia
- IV. Jenis Ciptaan : Karya Tulis
- V. Judul Ciptaan : **SPESIES BURUNG PERAIRAN PESISIR YANG TERPAPAR MERKURI LIMBAH PENAMBANGAN EMAS TRADISIONAL DI KABUPATEN POHuwATO GORONTALO**
- VI. Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 19 November 2015, di Bali
- VII. Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung hingga 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia.
- VIII. Nomor pencatatan : 085842

Pencatatan Ciptaan atau produk Hak Terkait dalam Daftar Umum Ciptaan bukan merupakan pengesahan atas isi, arti, maksud, atau bentuk dari Ciptaan atau produk Hak Terkait yang dicatat. Menteri tidak bertanggung jawab atas isi, arti, maksud, atau bentuk dari Ciptaan atau produk Hak Terkait yang terdaftar. (Pasal 72 dan Penjelasan Pasal 72 Undang-undang Nomor 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta)

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
REPUBLIK INDONESIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL  
u.b.  
DIREKTUR HAK CIPTA DAN DESAIN INDUSTRI

**Artikel dan Full Paper;**  
**Seminar Nasional BIOSAINS 2 Universitas Udayana,**  
**Denpasar, 19 – 20 November 2015**

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

**WATER BIRD SPECIES WHICH EXPOSED 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: *Todiramphus 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. Penelitian ini merupakan tahap pertama dari dua tahap penelitian yang direncanakan yaitu model prediktif rantai makanan ekosistem pesisir yang tercemar logam merkuri dari limbah penambangan emas tradisional.

*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 peaks 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 are exposed mercury, and determine levels concentration of mercury that accumulates in the organs of birds. This research was survey of birds sampled in the coastal line and estuaries of Taluduyunu and Randangan rivers in Pohuwato. Samples water bird species identified to established name of species. Levels of mercury were analyzed in the liver, kidneys and breast muscles of birds by using laboratory test methods SNI 01-2896-1998 point 6. The research found that seven species of water birds 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 species of water bird in the beginning sequentially accumulates mercury in highest average in the body tissue. This research is the first stage of two research planned; that is predictive model of the coastal ecosystem food chain that contaminated to mercury from artisanal gold mining waste.

*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 ekologinya (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 konsumer (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

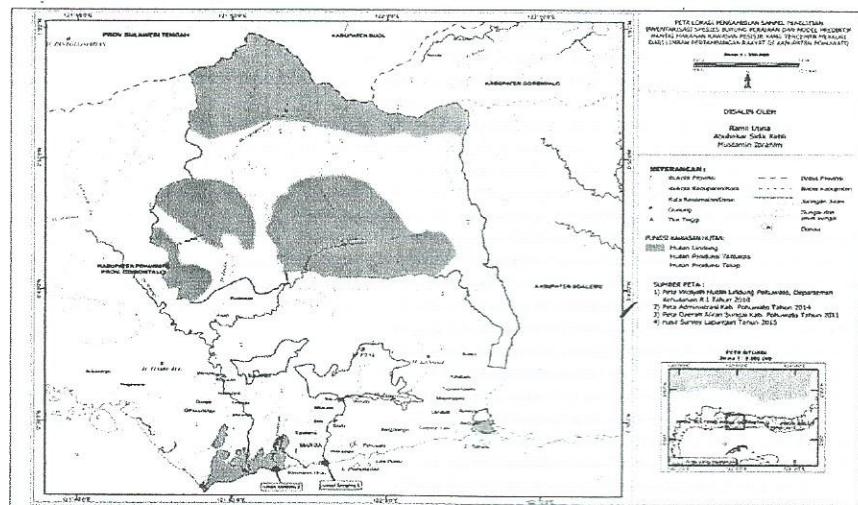
Merkuri memiliki sifat yang mudah larut dan terikat dalam jaringan tubuh organisme air, karena itu kehadirannya di lingkungan perairan telah lama dikenal sebagai pencemar yang sangat berbahaya, bukan saja pada manusia tetapi juga pada biota air dan ekosistem perairan. Pencemaran merkuri memiliki pengaruh 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 metill merkuri terdiri dari metil ( $\text{CH}_3-$ ) yang terikat atom merkuri dengan rumus kimianya adalah  $\text{CH}_3\text{Hg}^+$  (kadang ditulis

sebagai  $\text{MeHg}^+$ ). 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 terkonsumsi 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)*			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>Todiramphus 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

Keterangan: \*) 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 pemangsa 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 pemanga 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 ingsan 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; *Todiramphus 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 Singh. 2004. *Agricultural Geography*. 3<sup>rd</sup> edition. Tata Mc.Graw-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 21<sup>th</sup> 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, & 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 environment 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: Identifying Strategies to Manage Environmental Risks in Southern Ecuador. *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