



HIMPUNAN
AHLI TEKNIK HIDRAULIK
INDONESIA



Prosiding

Pertemuan Ilmiah Tahunan **PIT XXXIV** **HATHI**

Jayapura PAPUA, 8- 10 September 2017

Tema:

Tantangan Pengelolaan Sumber Daya Air
Dalam Menghadapi Perubahan Iklim
Untuk Mendukung Ketahanan Air,
Pangan dan Energi

Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) HATHI XXXIV
Jayapura, 8-10 September 2017

856 halaman, xiv, 21cm x 30cm
2017

Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI),
Sekretariat HATHI, Gedung Direktorat Jenderal SDA Lantai 8
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
Jl. Pattimura 20, Kebayoran Baru, Jakarta 12110 - Indonesia
Telepon/Fax. +62-21 7279 2263
<http://www.hathi-pusat.org> | email: hathi_pusat@yahoo.com

Tim Reviewer/Editor:

Prof. Dr. Ir. Sri Harto, Br., Dip., H., PU-SDA
Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc., PU-SDA
Dr. Ir. Moch. Amron, M.Sc., PU-SDA
Prof. Dr. Ir. Suripin, M.Sc.
Elisabeth Veronika Wambrauw, ST. MT., Ph.D.
Doddi Yudianto, S.T., M.Sc., Ph.D.

ISBN : 978-602-6289-16-2

DAFTAR ISI

Sub Tema 1

Tantangan Pengembangan dan Pengelolaan SDA untuk Daerah Perbatasan NKRI

1. Identifikasi Potensi Lahan Rawa Wilayah Kalimantan Utara untuk Mendukung Ketahanan Pangan Nasional 1
– Hasyim Saleh Daulay
2. Pengembangan Dan Pengelolaan Sumber Daya Air Pada Wilayah Perbatasan NKRI – Timor Leste (Refleksi Pengelolaan dan Pengembangan Sumber Daya Air Sejak Berdaulatnya Timor Leste) 13
– Susilawati, Irenius Kota, dan Indah Wahyuningtyas
3. Identifikasi Zonasi Makro Sebagai Dasar Pengembangan Lahan Irigasi Rawa di Kabupaten Merauke 24
– Ganggaya Sotyadarpita, Parlinggoman Simanungkalit, Yudi Lasmana, dan Nurlia Sadikin
4. Tantangan Pengelolaan Sungai Fly Sebagai WS Lintas Negara 34
– Ratna Hidayat dan Wati Asriningsih Pranoto
5. Pertimbangan Teknis Hidrologis Potensi Air Baku Guna Pemenuhan Kebutuhan Air Baku Daerah Perbatasan Provinsi Kaltara 42
– SSN. Banjarsanti, Pelmi Suta, Ir. H. Asniah, Suminah, dan A. Junaidi,
6. Kajian Penyediaan Air Irigasi di Kabupaten Merauke 54
– Radhika, Rendy Firmansyah, dan Waluyo Hatmoko

Sub Tema 2

Tantangan dalam Konservasi dan Pengendalian Daya Rusak Air Akibat Bencana Alam Ekstrim Berbasis Kearifan Lokal

7. Alternatif Pengendalian Banjir pada Kawasan Perumahan di Wilayah Bandung Barat 67
– Doddi Yudianto, Steven R. Rusli, Obaja T. Wijaya, Finna Fitriana, dan Steven S. Salim
8. Efisiensi Checkdam Type Grid terhadap Pengendalian Aliran Debris di Hulu Sungai 79
– Muhammad Yunus
9. Analisa Debit Banjir Rencana untuk Penanggulangan Banjir Sungai Siborgonyi Distrik Abepura Kota Jayapura 90
– Happy Mulya, Hajrah, dan Siti Hardianti P. F. S.

10.	Analisa Desain Penanggulangan Banjir Kompleks Organda Kota Jayapura.....	99
	– Happy Mulya, Nury Ayu Karyaningrum, dan Simon Petrus	
11.	Analisis Banjir Berdasarkan Pola Aliran dan Karakteristik DAS pada Batang Kuranji Kota Padang.....	108
	– Syafril Daus, Namunc Sukmara, Zahrul Umar, Bambang Istijono, dan Rifda Suriani	
12.	Perubahan Iklim dalam Perspektif Pengelolaan DAS untuk Mendukung Ketahanan Air di Wilayah Sungai (WS) Lombok (Kasus pada DAS Jangkok, DAS Belimbing dan DAS Sidutan).....	120
	– Gede Suardiari dan Lalu Ramanhadi	
13.	Model Hidraulik Fisik Percepatan Aliran Pada Sudetan Kali Ciliwung ke Kanal Banjir Timur.....	130
	– Isdiyana, Indrawan, Novianingrum Ekarina S, dan Indah Sri Amini	
14.	Analisis Kecenderungan Perubahan Curah Hujan di Wilayah Kota Bandung dan Sekitarnya.....	141
	– Finna Fitriana dan Doddi Yudianto	
15.	Analisis Keseimbangan Oksigen Terlarut pada Perairan Pertanian Pasang Surut di Kalimantan Selatan.....	154
	– Achmad Rusdiansyah	
16.	Aplikasi Groin Permeable pada Pantai Mattirotasi Pare-Pare Sulawesi Selatan.....	162
	– Hasdinar Umar, Chairul Paotonan, dan Sabaruddin Rahman	
17.	Studi Pengaruh Kerapatan Tanaman dalam Peredaman Gelombang.....	171
	– A.K. Torry Dundu, Djidon Watania, Ellen Cumentas, Sardjon Welliang, Frangky Makasaehe, dan Herry Ch. Talumepa	
18.	Studi Efektivitas Bangunan Pengendali Sedimen Sungai Apo Kota Jayapura.....	176
	– Happy Mulya, Lusiana O. Imbir, dan Minca R. Sinaga	
19.	Pengelolaan Daerah Tangkapan Air untuk Menjamin Keberlanjutan Manfaat Infrastruktur Sumber Daya Air: Studi Kasus di DAS Brantas dan Bengawan Solo.....	184
	– Raymond Valiant Ruritan dan Didik Ardianto	
20.	Prakiraan Perilaku Transpor Sedimen Guna Pengendalian Daya Rusak Air di Sungai Mansahan.....	194
	– Tiny Mananoma, Lambertus Tanudjaja, dan I Wayan Sudira	
21.	Kerangka Konsep Pengelolaan Banjir Terpadu di DAS Landak.....	204
	– Stefanus B Soeryamassoeka, R.W.Triweko, DoddyYudianto, dan Kartini	

22.	Pemodelan Banjir Waduk Sutami Menggunakan HEC-HMS.....	216
	– Kamsiyah Windianita, Wanny Adi K, Didik Ardianto, Djuharjono, dan Teguh Winari	
23.	Struktur Pemecah Gelombang Tiang Pancang Bersekat untuk Pengendalian Erosi Pantai.....	226
	– Dede M. Sulaiman, Agustia Arum Larasari, dan Dedi Junarsa	
24.	Perubahan Tata Letak Bendung Pucanggading untuk Pengendalian Debris Sedimentasi Banjir Kanal Timur Semarang.....	235
	– Agus Purwadi, Agus Surawan, dan Agung Suseno	
25.	Karakteristik Wet-Dry Spell di DAS Mahakam dalam Adaptasi Perubahan Iklim.....	246
	– Mislan, Arief Rachman, Sandy Eriyanto, Eko Wahyudi, dan Sutrisno	
26.	Estimasi Laju Timbulan Limbah Padat DAS Ciliwung Hulu pada Kinerja Bendungan Ciawi dan Sukamahi.....	256
	– Evi Anggraheni, Dwita Sutjiningsih, Teuku Iskandar, Muhammad Adek Rizaldi, dan Airlangga Mardjono	
27.	Efektifitas Bendungan Keureuto terhadap Peredaman Banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Keureuto.....	267
	– Muhammad Hafizh, Dwita Sutjiningsih dan Evi Anggraheni	
28.	Pengaruh Kanal Banjir Timur (KBT) terhadap Peredaman Banjir Wilayah Layanannya.....	276
	– Novi Susanti, Evi Anggraheni, Dwita Sutjiningsih, dan Teuku Iskandar	
29.	Implementasi Bangunan Sabo Oprit Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Banjir Lahar di Kawasan Sinabung	286
	– Ika Prinadiastari, Dyah Ayu Puspitosari, dan F. Tata Yunita	
30.	Pendugaan Aliran Limpasan Permukaan dengan Modifikasi Parameter Metode Soil Conservation Service-Curve Number (SCS-CN)	293
	– Y. Chandra Sari, Suripin, dan Robert J. Kodoatie	
31.	Pengendalian Bencana Sedimen Akibat Letusan Gunung Kelud di Daerah Aliran Sungai Brantas.....	301
	– Fahmi Hidayat, Pitojo Tri Juwono, Alwafi Pujiraharjo, Djoko Legono, dan Dian Sisingsih	
32.	Analisis Hujan dan Kekeringan Daerah Aliran Sungai Kapuas, Kalimantan Barat.....	308
	– Henny Herawati, Stefanus B. Soeryamassoeka, dan Jane Elisabeth W.	
33.	Analisis Hujan Penyebab Banjir pada Sungai Curam di Dusun Nasiri Kabupaten Seram Bagian Barat.....	318
	– Angga Primahessa, Adam Pamudji Rahardjo, dan Joko Sujono	

Sub Tema 3

Tantangan Pendayagunaan Sumber Daya Air untuk Mencapai Pembangunan Berkelanjutan

34. Dampak Dinamika Muka Air Tanah pada Besaran dan Laju Emisi CO₂ di Lahan Rawa Gambut Tropika..... 329
– L. Budi Triadi dan Yudi Lasmana
35. Monitoring dan Upaya Mengendalikan Muka Air pada Perkebunan di Lahan Rawa Gambut 341
– Parlinggoman Simanungkalit dan L. Budi Triadi
36. Analisis Kebutuhan Pompa Berdasarkan Kapasitas, Capex, dan Energi pada Sistem Sungai Wilayah Tengah Jakarta..... 351
– Taty Yuniarti dan M. Syahril B. K.
37. Skenario Penutupan PIT A Bengalon dan Pengalihan Kembali (*Rediversion*) Sungai Kelu'u 361
– Santosa dan Fahmi Syaifudin
38. Pendayagunaan Sumber Daya Air untuk Mencapai Pembangunan Desa Berkelanjutan di Kabupaten Yahukimo 371
– Happy Mulia, Supriya Triwiyana, Nizam Lembah, Taufan, dan Bagus Kurniawan
39. Model Sintetik NRECA dalam Rangka Peningkatan Basis Informasi SDA di WS Cibaliung-Cisawarna, Provinsi Banten 382
– Dian Indrawati, Agustin Purwanti, dan Ronni Ibnu Sabil
40. Metode Alternatif Pengganti Saluran Pengelak dan Bendungan Pengelak dalam Konstruksi Embung Pengendap Sedimen Asparaga..... 391
– Yudha Febriana, Zakaria Alansor, Santosa, dan Ibadi Zalfatirsa
41. Dam Penahan Intrusi Sungai Maros untuk Penyediaan Air Baku Makassar..... 400
– Subandi, Mustafa, Taufan, M. Hasbi, MK Nizam Lembah, Arnold M. Ratu, dan Agus Hasanie
42. Manfaat Kolam Tampungan dan Analisis Aliran Tidak Tunak Dua Dimensi Pada Perencanaan Bandara Terapung Ahmad Yani..... 410
– Suseno Darsono, Imam Santoso, dan Susilowati
43. Prosedur Penyusunan Pola Operasi Waduk dan Alokasi Air (POWAA) di Wilayah Sungai Brantas..... 418
– Astria Nugrahany, Oky Widya Wira Buana, dan Agung Wicaksono
44. Optimalisasi Penyediaan Air Baku Jabodetabek pada Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane 428
– Dadang M. Yahya, Vicie Puspasari, dan Anggia Satrini

45.	Pengaruh Perubahan Alih Fungsi Lahan di Daerah Irigasi Koya Terkait Ketersediaan Air Pada Bendung Tami.....	436
	– Heru Mukti Wijaya, Irwanto, dan Happy Mulya	
46.	Keterkaitan Simulasi Neraca Air, Fungsi Objektif dan Reliabilitas Data Serta Implikasinya dalam Peningkatan Kualitas Pemodelan Hidrologi..	444
	– Steven Reinaldo Rusli, Doddi Yudianto, dan Rabindra Juniardi Atmosoekarto	
47.	Evaluasi Kapasitas Tampung Kantong Lumpur Bendung Tami terhadap Periode Pembilasan / Pengerukan.....	454
	– Henra Kidingallo, Ayu Rhomayani, dan Happy Mulya	
48.	Evaluasi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Batang Guo Sebagai Sumber Energi Terbarukan	466
	– Seri Marona	
49.	Skenario Rencana Penyediaan Air Kota Cilegon Provinsi Banten.....	475
	– Gatut Bayuadji, Tris Raditian, dan Abdul Hanan Akhmad	
50.	Kajian Intensitas Curah Hujan Dengan Menggunakan Alat Rainfall Simulator	486
	– Muh Dinul Pradana Syam, Deny Adriant, Ratna Musa, dan Musyafir Wellang	
51.	Kajian Potensi Penggunaan Aspal Buton sebagai Alternatif Material Lapisan Inti Bendungan	494
	– Hasrawati Rahim, Muh. Wihardi Tjaronge, Arsyad Thaha, dan Rudy Djamaluddin	
52.	Petak Tersier Percontohan Untuk Optimalisasi Pemanfaatan Air Pada Jaringan Irigasi di Sulsel.....	504
	– Suryadarma Hasyim, Taufan, Mustafa, Subandi, M. K. Nizam Lembah, dan Arnold M. Ratu	
53.	Studi Experimental Pengaruh Pembendungan Pada Check Dam Type Terbuka Dan Tertutup.....	514
	– Farouk Maricar, Rita T Lopa, Muh. Farid Maricar, Ricky Saputra, dan Rezky Dwi Utami	
54.	Penyusunan Neraca Air DAS Serayu Untuk Mengetahui Potensi Sumber Daya Air di Wilayah Sungai (WS) Serayu Bogowonto	522
	– Astria Nugrahany, Evi Anggraheni, dan Hermien Indraswari	
55.	Penggunaan Energi Pasang-Surut <i>Residual Currents</i> Untuk Penanggulangan Pencemaran Air Pada Wilayah Pantai Semi Tertutup..	533
	– Mukhsan Putra Hatta	
56.	Pemanfaatan <i>Intake</i> Irigasi Pada Sabodam Untuk Mengatasi Kerusakan Bendung Irigasi Akibat Banjir Lahar di Kawasan Gunungapi Sinabung	539
	– Dyah Ayu Puspitosari dan Ika Prinadiastari	

57. Aplikasi Hidrograf Satuan Dalam Analisis Potensi Air Untuk Kebutuhan Irigasi Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo 547
 – Ariani Budi Safarina, Winskayati, dan Agustin Purwanti
58. Pengelolaan Air Hujan Untuk Irigasi Pertanian Dengan Teknologi Tepat Guna Dalam Mencapai Pembangunan Berkelanjutan 555
 – Susilawati, Shuayib, dan Melkior
59. Pengaruh Debit, Diameter Sedimen, dan Kemiringan Saluran pada Debit Sedimen Dasar di Sungai Serayu 562
 – Wati Asriningsih Pranoto dan Anindya Sekarningrum
60. Penerapan Model Hidrologi SWAT Dalam Perhitungan Neraca Air Maupun Menganalisis Dampak Perubahan Iklim..... 571
 – Angela Sari Ulina Barus dan Birendrajana

Sub Tema 4

Tantangan dalam Perkuatan Kelembagaan dan Pemberdayaan Masyarakat Serta Sistem Informasi

61. Penerapan Sistem Pengawasan dan Pengendalian Proyek Pembangunan Terpadu Pembelajaran Kasus Balai Wilayah Sungai Maluku..... 583
 – Fabian Priandani
62. Kajian Perbandingan Status Mutu Air Sungai pada Daerah Aliran Sungai (DAS) XYZ..... 594
 – Syafrudin, Ganjar Samudro, dan Mochtar Hadiwidodo
63. Bersahabat Dengan Bentang Alam Karst Sebagai Upaya Adaptasi Masyarakat Desa Leuwikaret Terhadap Krisis Pasokan Air 601
 – Danu Winarya
64. Penilaian Kinerja Tim Koordinasi Pengelolaan Sumber Daya Air (TKPSDA) Wilayah Sungai (WS) Brantas 612
 – Kadek Widiaswari
65. Penerapan Early Warning System (EWS) Berbasis Masyarakat dalam Meminimalkan Dampak Banjir..... 622
 – Dwi Agus Kuncoro, Burhan Aji Winarno, dan Yuddi Yudistira
66. Penerapan E-Rekomtek Sumber Daya Air dalam Meningkatkan Kontrol Sosial Masyarakat Melalui Pemberdayaan Komunitas Peduli Sungai .. 632
 – Dwi Agus Kuncoro, Burhan Aji Winarno, dan Yuddi Yudistira
67. Studi Identifikasi Potensi Lahan Sawah di Kabupaten Keerom Berbasis SIG 641
 – Suharyanto, Wardhana Galih Pamungkas, dan Herryan Kendra Kaharudin

68.	Konsep River Amenity Sungai Citarum Hulu dengan Mempertimbangkan Lingkungan Dan Potensi Masyarakat	650
	– Iwan Joko Sulomo, Septiani Retno Wastuti, dan Hermono S Budinetro	
69.	Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Kerawanan Banjir di Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung.....	660
	– Agung Setianto, Bagus Setiawan, Werdiningsih, Fredi Satya Candra Rosaji, Wisudarahman As Sidiqi, Maulana Hidayat, dan Dwi Agus Kuncoro	
70.	Pemberdayaan Masyarakat Pengelola Embung Untuk Mendukung Usaha Konservasi Air Dengan Organisasi Mandiri	670
	– Murtiningrum dan Rini Untari	
71.	Peningkatan Pengelolaan Sungai Melalui Peran Serta Komunitas Peduli Sungai, “Beragam Model Kelembagaan, Satu Tujuan”	679
	– Widagdo Dwidjosuwirjo	
72.	Implementasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Dalam Perlindungan Daerah Aliran Sungai (Studi Kasus Kota Jayapura)	690
	– Toton Agus Siyanto	
73.	Upaya Peningkatan Partisipasi Masyarakat Dalam Pengelolaan Sumber Daya Air, Peningkatan Dan Penyebaran Informasi	700
	– Bernadeta Tea, Anis Pabe, dan Susilawati	
74.	Analisis Sistem Saluran Pada Rawa Lebak Kelurahan Mariana Ilir Kecamatan Banyuasin I Kabupaten Banyuasin	709
	– Ishak Yunus, Achmad Syarifudin, Firdaus, Hendri, dan Jarot Widyoko	
75.	Model Indeks Ketahanan Air Kota untuk Kota Pontianak	717
	– Jane E. Wuysang, Robertus Wahyudi Triweko, dan Doddi Yudianto	
76.	Model AGNPS untuk Evaluasi Kondisi Das Dalam Upaya Pengendalian Daya Rusak Air (Studi Kasus Pada DAS Bila Bulucenranae)	727
	– Melly Lukman	
77.	Peta Daerah Irigasi Provinsi Sulawesi Tengah Berbasis Geospasial untuk Mendukung Kebijakan <i>One Map Policy</i>	737
	– Saliman Simanjuntak dan Arvandi	
78.	Kajian Daya Dukung Waduk Untuk Budidaya Ikan: Studi Kasus pada Bendungan Cengklik	745
	– Runi Asmaranto dan Antonius Suryono	
79.	Partisipasi Masyarakat Dalam Mengelola Waduk Tunggu Pampang Untuk Mengurangi Banjir di Makassar.....	758
	– Mustafa, M. Hasbi, Subandi, Arnold. M. Ratu, dan Agus Hasanie	

80.	Analisis Hirarki Proses Evaluasi Multi Faktor Perencanaan Irigasi di Sulsei	770
	– Suryadarma Hasyim, Taufan, Mustafa, M. Hasbi, Subandi, – M.K. Nizam Lembah, dan Arnold. M. Ratu	
81.	Tantangan Pembangunan 65 Bendungan dalam Mendukung Ketahanan Pangan, Air dan Energi	780
	– Muhammad Rizal dan Asep Yusuf	
82.	Integration Of Hydrological Observatory System For Integrated River Management	789
	– Jun Hayakawa	
83.	Pengaruh Perubahan Penetapan Aturan Harga Pembelian Tenaga Listrik Terhadap Investasi Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Air	799
	– Gede Nugroho A., Hamim Ghufroni, Bayu Pramadya K.S., dan Risa Restu S.	
84.	Pemanfaatan SIG untuk Pembuatan Peta Potensi Air Tanah Studi Kasus Kabupaten Sarmi Provinsi Papua	808
	– Kuji Murtiningrum, Hudini Indra Humardani, dan Eriko Utama	



HIMPUNAN
AHLI TEKNIK HIDRAULIK
INDONESIA



Sub Tema 1

**Tantangan Pengembangan
dan Pengelolaan SDA
untuk
Daerah Perbatasan NKRI**



TANTANGAN PENGELOLAAN SUNGAI FLY SEBAGAI WS LINTAS NEGARA

Ratna Hidayat¹ dan Wati Asriningsih Pranoto²

¹ IKPP (Ikatan Keluarga Purnabakti Pusair)

² Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara

ratnahid@yahoo.com, watipranoto@gmail.com

Intisari

Permasalahan akibat penambangan emas PT.Ok Tedi Mine (OTM) dari PNG, yaitu terjadi pencemaran Sungai Fly dan sedimentasi 2 juta ton/tahun sepanjang Sungai Fly. Oleh karena itu diperlukan pengelolaan Sungai Fly sebagai WS lintas negara antara PNG dengan wilayah Indonesia di Papua. Hal ini merupakan permasalahan antarnegara, sehingga diperlukan pengelolaan SDA berupa kerjasama antara Republik Indonesia dengan PNG yang melibatkan badan internasional antara lain seperti WMO. Lingkup pengelolaan SDA WS lintas negara meliputi upaya merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi penyelenggaraan konservasi serta pendayagunaan SDA. Manfaat dan keuntungan studi ini, yaitu terselenggaranya upaya konservasi Sungai Fly sebagai sungai lintas negara, sehingga dapat menunjang kebutuhan air masyarakat Kabupaten Bouven Digul di Papua yang harus memenuhi syarat kuantitas dan kualitas

Kata Kunci : Pengelolaan, Sungai Fly, WS lintas negara

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sungai Fly di Papua merupakan WS Lintas Negara Einlanden-Digul-Bikuma (WS Tasgara EDB) panjang 150 Km, total panjang dengan PNG 770 Km. Hulu sungai dari PNG, melintas ke wilayah Indonesia di Papua, kembali ke PNG dan berakhir di Teluk Papua di PNG. Luas DAS Fly di Indonesia 2.863,70 Km² dan di PNG 62.157,53 Km². Pengelolaan SDA WS Tasgara EDB dirumuskan oleh Dewan SDA Nasional, berdasarkan Pasal 20 PP No.42 Tahun 2008, tentang "Pengelolaan SDA". Permasalahannya yaitu pencemaran Sungai Fly dan sedimentasi 2 juta ton/tahun sepanjang Sungai Fly akibat penambangan emas PT.Ok Tedi Mine (OTM) dari PNG (Surat Dewan SDA Nasional No.UM.01.11-A1/197, 20 November, 2013). Hal ini merupakan permasalahan antarnegara oleh karena itu diperlukan pengelolaan SDA, berupa kerjasama antara Republik Indonesia (RI) dengan PNG yang melibatkan badan internasional antara lain seperti WMO.

Kajian Pustaka

PT.OTM di PNG tidak mampu mengelola *tailing*, sehingga dibuang ke Sungai Tedi yang bermuara ke Sungai Fly, lalu mengalir ke Papua di wilayah Indonesia (*Commonwealth of Australia*, 2016). Buangan *tailing* ke sungai terjadi sejak Tahun 1989, sebesar 80.000 ton/hari (Anonymous,1999). Dampak kerusakan ekosistem Sungai Fly terjadi pada social kultural masyarakat di PNG dan di Papua. Australia

pada tahun 1996 mengadili PT.OTM sebagai perusahaan *Broken Hill Proprietary (BHP)* Australia, dengan membayar ganti rugi 500 juta US\$ (Mochtar Hafiz,2016)

Pengelolaan sungai Tasgara yang telah dilakukan sejak lebih dari satu abad yaitu Sungai Rhine di Eropa. Hulu sungai dari pegunungan Alpen di Swiss mengalir melalui Prancis, Jerman, dan Belanda yang bermuara ke Laut Utara. Sungai Rhine dimanfaatkan industry, pertanian, PLTA, pembuangan air limbah kota, rekreasi, produksi air minum serta sebagai habitat alami kehidupan flora dan fauna seperti burung dan ikan. (Ine D. Frijters and Jan Leentvaar, 2003)

Landasan Teori dan Metoda Pelaksanaan Studi

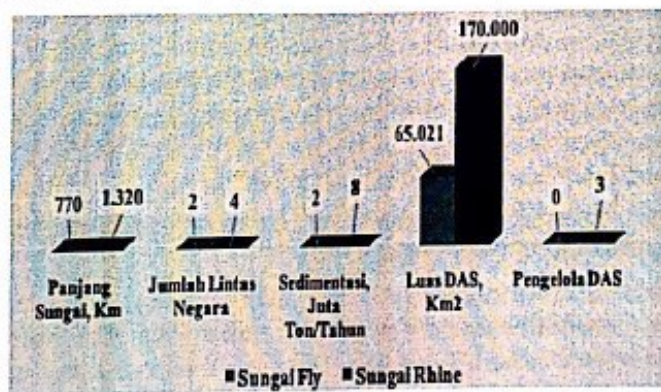
Landasan teori studi yaitu Permen PUPR No.04/Prt/M/2015, tentang “Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai”, Pasal 1 ayat 4 dinyatakan Pengelolaan SDA adalah upaya merencanakan, melaksanakan, memantau, mengevaluasi penyelenggaraan konservasi dan pendayagunaan SDA, serta pengendalian daya rusak air. Pada Pasal 5 ayat 2 disebutkan pelaksanaan pengelolaan SDA permukaan meliputi WS lintas negara.

Metoda pelaksanaan studi, dilakukan dengan studi pustaka dari penelitian nasional dan internasional juga termasuk penelitian perguruan tinggi

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Karakteristik DAS Tasgara Sungai Fly dan Sungai Rhine

Karakteristik Sungai Tasgara ditinjau dari panjang sungai, negara yang dilintasi, sedimentasi, luas DAS serta pengelola DAS, diuraikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Karakteristik Sungai Fly dan Sungai Rhine sebagai DAS Tasgara

Sungai Fly panjang total 770 Km, di Papua 150 Km (19,5 % dari total panjang), melintasi dua negara yaitu PNG dan Papua di Indonesia. Luas DAS Fly di Indonesia 4 % (65.021 Km²) dari total DAS. Terjadi sedimentasi 2 Ton/Tahun yang bersumber dari buangan tailing PT.OTM, terdapat unsur pencemar logam berat dari penambahan bahan kimia proses pemisahan bijih tambang. Oleh karena itu tidak heran mematikan 90% ikan di Sungai Tedi serta meranggasnya hutan ± 6.600 Km² (Anonimous,1999), pengelola DAS belum ada.

Sungai Rhine memiliki panjang 1,7 kali Sungai Fly (1.320 Km), sepanjang 880 Km berfungsi navigasi. Negara yang dilewati 2 kali lebih banyak dari Sungai Fly yaitu Swiss, Perancis, Jerman, dan Belanda. Luas DAS Sungai Rhine 2,6 kali DAS Sungai Fly (170.000 Km²), mencakup bagian beberapa negara (Italia, Austria, Liechtenstein, Luksemburg, dan Belgia). Sumber pencemar dari kegiatan industri, seperti bencana Sandoz Tahun 1986, telah memusnahkan ikan dan ekosistem sungai, juga resiko terhadap pertanian dan terhentinya instalasi pengolahan air bersih. Sejak Tahun 1815, Sungai Rhine telah dikelola tiga organisasi, yaitu : (1). *Central Commission for Navigation on the Rhine (CCNR)*, anggota: Belanda, Belgia, Jerman, Perancis dan Swiss. (2). *International Commission for the Hydrology of the Rhine Basin (ICHR)*, anggota: Swiss, Austria, Jerman, Perancis, Luksemburg dan Belanda. (3). *International Commission for the Protection of the Rhine (ICPR)*, anggota : Jerman, Perancis, Luxembourg, Belanda, dan Swiss. Masing masing negara memiliki anggota yang dirotasi setiap dua tahun (Ine D.Frijters and Jan Leentvaar, 2003).

Pembahasan

Adanya organisasi pengelola yang terbentuk yaitu *Central Commission for Navigation on the Rhine (CCNR)* di Sungai Rhine, sangat tepat karena sebesar 67 % (880 Km) panjang sungai berfungsi sebagai navigasi. Kegiatan navigasi membutuhkan peraturan teknis dan administrative tentang keamanan kapal serta antisipasi untuk mengatasi keluhan yang timbul. Namun untuk Sungai Fly, kebutuhan komisi navigasi perlu dikaji sejauh mana fungsi navigasi yang ada saat ini dan pengembangannya ke depan

Beragam pemanfaatan Sungai Rhine yaitu sebagai sumber air baku (industry, pertanian, PLTA, produksi air minum), juga sebaliknya sebagai pembuangan air limbah kota, sehingga menimbulkan konflik masalah kualitas air dan ekologi sungai. Adanya organisasi pengelola sangat membantu dalam solusi konflik, seperti telah terbentuknya *International Commission for the Protection of the Rhine (ICPR)*. Namun solusi konflik perlu dukungan pula dari aspek hukum. Seperti dinyatakan Ine D. Frijters and Jan Leentvaar (2003), negara sepanjang Sungai Rhine sebagai anggota Uni Eropa kecuali Swiss, yang memiliki hukum dan peraturan Eropa yang mengikat, sehingga kondisi ini dapat membantu solusi konflik yang terjadi

Kelemahan belum ada organisasi pengelola SDA WS Tasgara EDB dalam bentuk kerja sama antara RI dengan PNG, terjadi pada Sungai Fly. Saat PT.OTM membayar ganti rugi pencemaran Tahun 1996 sebesar 500 juta US\$, Indonesia tidak diperhitungkan sebagai wilayah terkena dampak, walaupun Sungai Fly di wilayah Indonesia yaitu di Papua tercemar

Sedimentasi pada Sugai Fly maupun Sungai Rhine merupakan beban pencemaran bagi sungai. Namun sedimen serta parameter kualitas air lain (fisika, kimia dan biologi) perlu terukur secara kuantitatif baik berupa kadar maupun beban. Dengan demikian diperlukan pos monitor kualitas air sebelum dan sesudah melewati batas negara untuk mengukur debit (satuan volume per waktu) serta kadar (satuan berat per volume) yang diukur secara periodik. Selain itu untuk mengetahui Status Mutu

Air sepanjang Sungai Fly diperlukan Baku Mutu Sungai Fly yang dikaji secara ilmiah atas kesepakatan antara RI dengan PNG. Disamping itu lokasi Pos Monitor Kualitas Air bisa ditambahkan sesuai pemanfaatan sungai .

Belajar dari Sungai Rhine, diperlukan organisasi pengelola WS Tasgara, dengan jenis dan jumlah organisasi pengelola berdasarkan kajian ilmiah kondisi eksisting serta pengembangan kedepan. Diperlukan kompetensi terukur untuk personil yang mewakili masing masing negara dari pihak RI maupun PNG untuk Pengelolaan WS Tasgara. Personil dari Indonesia dapat berasal dari Kemeterian PUPR (Dirjen SDA, BBWS Papua dan Badan Litbang), Kementerian LH dan Kehutanan, Kementerian Luar Negeri, Perguruan Tinggi, Organisasi Profesi seperti HATHI serta LSM

Sumber dan Unsur Pencemaran Sungai

Hasil Penelitian menunjukkan bahwa pencemaran Sungai Fly berasal dari kegiatan buangan *tailing* yang tidak dapat dikelola PT.OTM di PNG. Sementara pencemaran Sungai Rhine karena insiden Sandoz yang terjadi pada 1 November 1986. Sumber dan unsur pencemar ke dua sungai Tasgara tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sumber dan Unsur Pencemar Sungai Fly dan Sungai Rhine

Pencemaran	Sungai Fly	Sungai Rhine
Sumber	Tailing ¹⁾	Limbah Industri ³⁾
Unsur	Logam berat, Merkuri-Hg ²⁾	Logam Berat, PCB dan Polycyclic Aromatic ⁴⁾ Bencana Sandoz, Tahun 1986 ⁵⁾

Keterangan:

- 1). *Commonwealth of Australia*, 2016
- 2). Eldon D. Enger, Bradley F. Smith, 2008

- 3). Ine D. Frijters and Jan Leentvaar, 2003 Bencana Sandoz di Sungai Rhine

- 4). Achmad Ashov Birry, dkk, 2016
- 5). M. Adhar Riyan, dkk, 2009

Bencana Sandoz, pada 1 November, 1986 yaitu terbakarnya gudang perusahaan farmasi dan agrokimia Sandoz di Kota Basel, Swiss. Bahan kimia yang terbakar 1.246 Ton sebagian besar pestisida, termasuk 12 ton herbisida berupa *Ethoxyethyl mercury-hydroxide*, dengan kandungan merkuri ± 15 persen. Api dipadamkan dengan 10-15 juta liter air, sebagian besar dicampur bahan kimia yang kemudian mengalir ke Sungai Rhine.

Pembahasan : Limbah Beracun Kegiatan Tambang Mas di Sungai Fly

Kegiatan PT.OTM berdampak buruk bagi lingkungan, sebab pertambangan mas menghasilkan limbah beracun (Eldon D.Enger, Bradley F.Smith,2008). Hal ini beralasan, karena sesuai dengan pernyataan Suyono Hadi Sucahyo (2012), bahwa proses pemisahan bijih tambang mas menghasilkan *tailing* yang mengandung reagen sisa pengolahan seperti sedimen berbentuk kwarsa, kalsit, aluminosilikat dan bahan berbahaya beracun (B3) berupa Merkuri (Hg). Dalam UU No. 23 1997, tentang Pengelolaan Lingkungan pada Pasal 23, menyebutkan bahwa B3 merupakan bahan yang dapat mencemarkan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain. Dalam *Environmental Protection Agency* (EPA) tahun 1997, dijelaskan satu dari 20 B3 adalah Hg. Selain itu Sudarmaji, dkk (2006), menjelaskan berdasarkan sifat racun, Hg merupakan urutan pertama dibandingkan dengan sifat racun logam berat lainnya, baru diikuti Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Zn.

Sungai Rhine memiliki panjang 1,7 kali Sungai Fly (1.320 Km), sepanjang 880 Km berfungsi navigasi. Negara yang dilewati 2 kali lebih banyak dari Sungai Fly yaitu Swiss, Perancis, Jerman, dan Belanda. Luas DAS Sungai Rhine 2,6 kali DAS Sungai Fly (170.000 Km²), mencakup bagian beberapa negara (Italia, Austria, Liechtenstein, Luksemburg, dan Belgia). Sumber pencemar dari kegiatan industri, seperti bencana Sandoz Tahun 1986, telah memusnahkan ikan dan ekosistem sungai, juga resiko terhadap pertanian dan terhentinya instalasi pengolahan air bersih. Sejak Tahun 1815, Sungai Rhine telah dikelola tiga organisasi, yaitu : (1). *Central Commission for Navigation on the Rhine (CCNR)*, anggota: Belanda, Belgia, Jerman, Perancis dan Swiss. (2). *International Commission for the Hydrology of the Rhine Basin (ICHR)*, anggota: Swiss, Austria, Jerman, Perancis, Luksemburg dan Belanda. (3). *International Commission for the Protection of the Rhine (ICPR)*, anggota : Jerman, Perancis, Luxembourg, Belanda, dan Swiss. Masing masing negara memiliki anggota yang dirotasi setiap dua tahun (Ine D.Frijters and Jan Leentvaar, 2003).

Pembahasan

Adanya organisasi pengelola yang terbentuk yaitu *Central Commission for Navigation on the Rhine (CCNR)* di Sungai Rhine, sangat tepat karena sebesar 67 % (880 Km) panjang sungai berfungsi sebagai navigasi. Kegiatan navigasi membutuhkan peraturan teknis dan administrative tentang keamanan kapal sertaantisipasi untuk mengatasi keluhan yang timbul. Namun untuk Sungai Fly, kebutuhan komisi navigasi perlu dikaji sejauh mana fungsi navigasi yang ada saat ini dan pengembangannya ke depan

Beragam pemanfaatan Sungai Rhine yaitu sebagai sumber air baku (industry, pertanian, PLTA, produksi air minum), juga sebaliknya sebagai pembuangan air limbah kota, sehingga menimbulkan konflik masalah kualitas air dan ekologi sungai. Adanya organisasi pengelola sangat membantu dalam solusi konflik, seperti telah terbentuknya *International Commission for the Protection of the Rhine (ICPR)*. Namun solusi konflik perlu dukungan pula dari aspek hukum. Seperti dinyatakan Ine D. Frijters and Jan Leentvaar (2003), negara sepanjang Sungai Rhine sebagai anggota Uni Eropa kecuali Swiss, yang memiliki hukum dan peraturan Eropa yang mengikat, sehingga kondisi ini dapat membantu solusi konflik yang terjadi

Kelemahan belum ada organisasi pengelola SDA WS Tasgara EDB dalam bentuk kerja sama antara RI dengan PNG, terjadi pada Sungai Fly. Saat PT.OTM membayar ganti rugi pencemaran Tahun 1996 sebesar 500 juta US\$, Indonesia tidak diperhitungkan sebagai wilayah terkena dampak, walaupun Sungai Fly di wilayah Indonesia yaitu di Papua tercemar

Sedimentasi pada Sugai Fly maupun Sungai Rhine merupakan beban pencemaran bagi sungai. Namun sedimen serta parameter kualitas air lain (fisika, kimia dan biologi) perlu terukur secara kuantitatif baik berupa kadar maupun beban. Dengan demikian diperlukan pos monitor kualitas air sebelum dan sesudah melewati batas negara untuk mengukur debit (satuan volume per waktu) serta kadar (satuan berat per volume) yang diukur secara periodik. Selain itu untuk mengetahui Status Mutu

Air sepanjang Sungai Fly diperlukan Baku Mutu Sungai Fly yang dikaji secara ilmiah atas kesepakatan antara RI dengan PNG. Disamping itu lokasi Pos Monitor Kualitas Air bisa ditambahkan sesuai pemanfaatan sungai .

Belajar dari Sungai Rhine, diperlukan organisasi pengelola WS Tasgara, dengan jenis dan jumlah organisasi pengelola berdasarkan kajian ilmiah kondisi eksisting serta pengembangan kedepan. Diperlukan kompetensi terukur untuk personil yang mewakili masing masing negara dari pihak RI maupun PNG untuk Pengelolaan WS Tasgara. Personil dari Indonesia dapat berasal dari Kemeterian PUPR (Dirjen SDA, BBWS Papua dan Badan Litbang), Kementerian LH dan Kehutanan, Kementerian Luar Negeri, Perguruan Tinggi, Organisasi Profesi seperti HATHI serta LSM

Sumber dan Unsur Pencemaran Sungai

Hasil Penelitian menunjukkan bahwa pencemaran Sungai Fly berasal dari kegiatan buangan *tailing* yang tidak dapat dikelola PT.OTM di PNG. Sementara pencemaran Sungai Rhine karena insiden Sandoz yang terjadi pada 1 November 1986. Sumber dan unsur pencemar ke dua sungai Tasgara tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sumber dan Unsur Pencemar Sungai Fly dan Sungai Rhine

Pencemaran	Sungai Fly	Sungai Rhine
Sumber	Tailing ¹⁾	Limbah Industri ³⁾
Unsur	Logam berat, Merkuri-Hg ²⁾	Logam Berat, PCB dan Polycyclic Aromatic ⁴⁾ Bencana Sandoz, Tahun 1986 ⁵⁾

Keterangan:

1). *Commonwealth of Australia*, 2016
2). Eldon D. Enger, Bradley F. Smith, 2008

3). Ine D. Frijters and Jan Leentvaar, 2003 Bencana Sandoz di Sungai Rhine

4). Achmad Ashov Birry, dkk, 2016

5). M.Adhar Riyan, dkk,2009

Bencana Sandoz, pada 1 November, 1986 yaitu terbakarnya gudang perusahaan farmasi dan agrokimia Sandoz di Kota Basel, Swiss. Bahan kimia yang terbakar 1.246 Ton sebagian besar pestisida, termasuk 12 ton herbisida berupa *Ethoxyethyl mercury-hydroxide*, dengan kandungan merkuri ± 15 persen. Api dipadamkan dengan 10-15 juta liter air, sebagian besar dicampur bahan kimia yang kemudian mengalir ke Sungai Rhine.

Pembahasan : Limbah Beracun Kegiatan Tambang Mas di Sungai Fly

Kegiatan PT.OTM berdampak buruk bagi lingkungan, sebab pertambangan mas menghasilkan limbah beracun (Eldon D.Enger, Bradley F.Smith,2008). Hal ini beralasan, karena sesuai dengan pernyataan Suyono Hadi Sucahyo (2012), bahwa proses pemisahan bijih tambang mas menghasilkan *tailing* yang mengandung reagen sisa pengolahan seperti sedimen berbentuk kwarsa, kalsit, aluminosilikat dan bahan berbahaya beracun (B3) berupa Merkuri (Hg). Dalam UU No. 23 1997, tentang Pengelolaan Lingkungan pada Pasal 23, menyebutkan bahwa B3 merupakan bahan yang dapat mencemarkan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain. Dalam *Environmental Protection Agency* (EPA) tahun 1997, dijelaskan satu dari 20 B3 adalah Hg. Selain itu Sudarmaji, dkk (2006), menjelaskan berdasarkan sifat racun, Hg merupakan urutan pertama dibandingkan dengan sifat racun logam berat lainnya, baru diikuti Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Zn.



(a)



(b)

Gambar 2. Korban Minamata Disease Akibat Hg: (a). Tangan Cacat; (b). Kerusakan Sistem Syaraf (Thomas Triadi Putranto, 2011)

Kekhawatiran Dampak PT.OTM terhadap Kesehatan Manusia

Tailing PT.OTM yang terbuang ke Sungai Fly mengandung Hg yang dapat membahayakan kehidupan manusia, karena adanya rantai makanan. Seperti dinyatakan Candra Dinata (2014 dalam Stwertka 1998), Hg dalam *tailing*, terakumulasi pada mikroorganisme air sungai, melalui proses metabolisme kimiawi berubah menjadi metilmerkuri ($\text{CH}_3\text{-Hg}$), kemudian dimakan ikan sehingga terakumulasi dalam jaringan tubuh ikan. Ikan merupakan rantai makanan karena dikonsumsi manusia. Konsentrasi Hg yang terakumulasi dalam ikan sekitar 40-50 ribu kali lipat dari konsentrasi Hg dalam air yang terkontaminasi. Dalam makalah ini penulis tidak memiliki data Hg dalam air, sedimen maupun ikan di Sungai Fly, namun seperti dinyatakan Natalie D.C. Rumampak dan Veibe Warouw (2015), ada resiko dampak terhadap kesehatan manusia, yaitu aspek kelanjutan bioakumulasi berupa biomagnifikasi. Semakin tinggi kadar Hg dalam rantai makanan dengan akumulator Hg terakhir manusia yang mengkonsumsi ikan terakumulasi biota mengandung Hg, akan timbul penyakit seperti pernah terjadi pada kasus Minamata. Tahun 1967 kadar Hg pada ikan di teluk Minamata $11 \mu\text{g}/\text{kg}$ berat basah. Gangguan kesehatan akibat Hg (Gambar 2) berupa kemunduran fungsi: kerusakan (motorik, system syaraf, abnormalitas sensorik), kemunduran (psikologik, neurologic, kognitif, penglihatan dan pendengaran), kelainan (bicara, kulit dan gangguan reflek). Selain itu berpengaruh pada kelainan janin yang akan melahirkan anak dengan cacat serius bahkan kematian waktu lahir (Thomas Triadi Putranto, 2011).

Upaya Proteksi WS Tasgara

Belajar dari insiden Sandoz diperlukan ijin usaha kegiatan industri pada WS Tasgara. Ijin usaha tersebut, disampaikan kepada pengelola WS Tasgara (yang terbentuk antara RI-PNG) dengan ketentuan persyaratan ijin usaha yang ketat sehingga dapat mendukung konservasi sungai. Persyaratan ini diperlukan sebagai masukan untuk kesepakatan internasional antara Indonesia dan PNG dalam kemungkinan penyelesaian konflik yang mungkin terjadi.

Dampak Insiden Sandoz

Aliran limbah toksik dari insiden Sandoz Tahun 1986, akan mengancam kehidupan akuatik perairan serta gangguan pemanfaatan Sungai Rhine. Selain itu Sandoz harus bertanggung jawab atas terjadinya insiden. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Ine D. Frijters and Jan Leentvaar (2003), sebanyak 40 instalasi pengolahan air

bersih menghentikan operasinya, yang tentunya mengganggu masyarakat untuk pemenuhan kebutuhan airnya, serta pada Tahun 1987 muncul solusi masalah polusi Rhine berupa Program Aksi Rhine. Sofyan Hadi (2010), menyebutkan bahwa Sandoz bersama perusahaan asuransi rekanannya menanggung biaya pemulihan ekosistem Rhine, sebesar 60 juta US\$ sebagai konsekuensi insiden tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Diperlukan Kesepakatan Internasional Pengelolaan Sungai WS Tasgara EDB, antara Pemerintah Indonesia dengan PNG yang melibatkan organisasi internasional antara lain seperti Unesco, WMO. Lingkup kesepakatan Pengelolaan WS Tasgara, meliputi kajian ilmiah aspek teknis, aspek keuangan dan aspek hukum.

Rekomendasi

Membentuk Organisasi Pengelola Sungai Fly secara internasional, berupa kerjasama antara RI dengan PNG yang melibatkan badan internasional antara lain seperti WMO, dengan aspek berikut :

1. Aspek Teknis, menentukan ijin lokasi kegiatan usaha/industri di WS Tasgara, menentukan Baku Mutu Air Sungai Fly berdasarkan kadar dan debit yang disetujui oleh RI dan PNG dengan melibatkan organisasi internasional
2. Aspek Keuangan, menentukan biaya pengelolaan Sungai Fly bagi setiap negara (RI dan PNG)
3. Aspek Hukum, menentukan aturan dan sanksi pemanfaatan serta pembuangan limbah ke Sungai Fly dengan indikator buangnya memenuhi persyaratan Baku Mutu yang ditentukan

Anggota dari Indonesia yang mewakili Organisasi Pengelola Sungai Fly:

1. Kementerian PUPR (Dirjen SDA, BWS Papua dan Badan Litbang)
2. Kementerian Luar Negeri
3. Kementerian LH dan Kehutanan
4. Perguruan Tinggi
5. Organisasi Profesi seperti HATHI serta LSM

Pengadaan sarana Pos Monitor Kualitas Air, yang menunjukkan kadar, debit, serta beban pencemaran (perkalian dari kadar dan debit) pada lokasi aliran masuk dan keluar Sungai Fly, dengan perlengkapan :

1. Alat ukur debit;
2. Laboratorium kualitas air dan sedimen;
3. *Water Quality Telemetry*

Lingkup pengelolaan SDA WS lintas negara meliputi :

1. Merencanakan pengelolaan SDA
2. Melaksanakan pengelolaan SDA
3. Memantau dan mengevaluasi penyelenggaraan konservasi serta pendayagunaan SDA

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan tersusunnya makalah ini, terima kasih kepada Briliyan Parmawati, MPSDA dari Kementerian PUPR atas dukungan data penunjang, serta Dra. Barti Setiani Muntalif, DEA, Ph.D dari Teknik Lingkungan ITB atas diskusi dan masukannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2013, *Rancangan Pola Pengelolaan SDAWS EDB*
- Anonymous, 1999, *Assessment of Human Health and Ecological Risks for Proposed Mine Waste Mitigation Options at the Ok Tedi Mining*, Papua New Guinea, Detailed Level Risk Assessment, diunduh, Maret 2017.
- Achmad Ashov Birry,dkk, 2016, *Konsekuensi Tersembunyi: Valuasi Kerugian Ekonomi Akibat Pencemaran Industri*,www.melawanlimbah.org., [diakses, 5 Maret 2017]
- Candra Dinata, 2014, Kerusakan Lingkungan Hidup Akibat Tambang Emas Ilegal di Kec. Kuantan Hilir Seberang, Kabupaten Kuantan Singingi, candradinata05. blogspot.com [diakses pada tanggal 15 Maret,2017]
- Commonwealth of Australia, 2016, *Mencegah Drainase Asam dan Logam, Praktek Kerja Unggulan dalam Program Pembangunan Berkesinambungan untuk Industri Pertambangan*,https://industry.gov.au, [diakses,5 Maret 2017]
- Eldon D.Enger,and Bradley F.Smith, 2008, *Environmental Science, a Study of Interrellationship*, Mc.Graw-Hill Internasional Edition, ISBN 978-0-07-110195-0, hal 122
- Ine D. Frijters and Jan Leentvaar, 2003, *Rhine Case Study*, UNESCO, IHP,WWAP
- Mochtar Hafiz, 2016, *Tinjauan Hukum Mengenai Kewenangan Mengadili Perkara Pencemaran Lintas Batas Negara yang Terjadi di Luar Yurisdiksi Suatu Negara*, Skripsi Hukum Internasional, Univ Andalas, Padang
- M.Adhar Rihan, dkk, 2009, *Pencemaran Lingkungan di Sandoz*, Universitas Lambung Mangkurat, Fakultas Teknik Program Studi SI Teknik Lingkungan, 2009
- Natalie D.C. Rumampak dan Veibe Warouw, 2015. Bioakumulasi Total Merkuri, Arsen, Kromium, Cadmium, Timbal di Teluk Totok dan Teluk Buyat, Sulawesi Utara,,Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi Volume 2, Nomor 2, Oktober 2015
- Permen PUPR No.04/Prt/M/2015. tentang: *Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai*
- Suyono Hadi Sucahyo, 2012. Dampak Negatif Kegiatan Pertambangan pada Lingkungan,marluganababan-electrical.blogspot.com[diakses pada tanggal 10 Maret,2017]
- Sofyan Hadi, 2010. *Musibah-Musibah Lingkungan di Dunia*

Sudarmaji, J. Mukono . dan Corie I.P, 2006. Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan, *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, Vol. 2, No. 2, Januari 2006:129 -142

Thomas Triadi Putranto, 2011. Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) pada Airtanah, *Jurnal Teknik Universitas Diponegoro* Vol. 32 No. 1 Tahun 2011, ISSN 0852-1697