



JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING & WASTE MANAGEMENT



JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING & WASTE MANAGEMENT
JURNAL TEKNIK LINGKUNGAN DAN PENGELOLAAN LIMBAH

Penanggung Jawab

Ir. Temmy Wikaningrum, M.Si.

Dewan Editor

Prof. Dr.-Ing. Ir. Suprihatin	Institut Pertanian Bogor
Ir. R. Driejana, M.SCE, Ph.D.	Institut Teknologi Bandung
Dr. Muhammad Syifan Ahmadin	Sullivan University Kentucky
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.S.E., M.Sc., Ph.D.	Institut Teknologi Sepuluh November
Dr. Astri Rinanti Nugroho, M.T.	Universitas Trisakti
Dr. Ir. Yunita Ismail, M.Si.	Universitas Presiden
Dr. Yusmaniar, M.Si.	Universitas Negeri Jakarta
Dr. Ani Mulyasuryani, MS	Universitas Brawijaya
Ir. Ramadhani Yanidar, M.T.	Universitas Trisakti
Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T.	Institut Teknologi Sepuluh November
Anindrya Nastiti, S.T. M.T.	Institut Teknologi Bandung

Ketua Editor Pelaksana

Filson M. Sidjabat, S.T., M.T.	Universitas Presiden
--------------------------------	----------------------

Editor Pelaksana

Rijal Hakiki, S.S.T., M.T.	Universitas Presiden
Yandes Panelin, S.T., M.T.	Universitas Presiden
Sukino, S.I.P.	Universitas Presiden
Eva Mudzalifah, S.E.	Universitas Presiden

Alamat Redaksi

JEN Journal of Environmental Engineering & Waste Management
Jurnal Teknik Lingkungan dan Pengelolaan Limbah

Building A Lt. 3 President University
Jl. Ki Hajar Dewantara, Jababeka Education Park, Cikarang Baru, Bekasi 17550 – Indonesia
Phone./Fax: (021) 8910 9762 / 9768; Email: j-env@president.ac.id
Website: env.president.ac.id (President University: www.president.ac.id)

JENV adalah jurnal yang mengkaji berbagai masalah/persoalan terkini yang bersifat mendasar atau terapan yang berhubungan dengan bidang teknik dan pengelolaan lingkungan serta pengelolaan limbah dengan frekuensi penerbitan dua kali setahun pada April dan Oktober. Kelayakan pemuatan dipertimbangkan oleh penilai dengan *double blind review* berdasarkan keaslian dan keabsahan ilmiah.



JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING & WASTE MANAGEMENT
JURNAL TEKNIK LINGKUNGAN DAN PENGELOLAAN LIMBAH

Volume 02, No. 01, April 2017

EDITORIAL

Pembaca yang terhormat, Jurnal Teknik Lingkungan dan Pengelolaan Limbah (JENV) yang terbit bulan April 2017 ini merupakan jurnal edisi ketiga yang diterbitkan oleh Universitas Presiden. Dengan tujuan untuk berkontribusi secara nyata di bidang Teknik Lingkungan berdasarkan ilmu pengetahuan, manajemen dan teknologi yang terkini, kehadiran jurnal ini diharapkan mampu memberikan inspirasi terhadap solusi masalah-masalah lingkungan yang semakin memerlukan perhatian yang memadai.

Pada edisi ketiga Jurnal JENV ini terdapat dua makalah di bidang manajemen lingkungan : Daya Dukung Lingkungan Hidup DAS Ciliwung Hulu di Kabupaten Bogor, Optimasi Usulan Perubahan Kawasan Hutan Dalam Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi (RTRWP) di Provinsi Kalimantan Timur; satu makalah mengenai pengolahan limbah cair : Studi Potensi Penyisihan Nitrogen Pada Efluen IPAL Domestik dengan Penggunaan *Constructed Wetland*.; satu makalah di bidang pencemaran udara : Potensi Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca Dari Kegiatan Eksplorasi dan Produksi Minyak dan Gas Bumi di PT XYZ.; serta satu makalah mengenai perlindungan keanekaragaman hayati : Inventarisasi Status Keanekaragaman Hayati Sebagai *Baseline* Upaya Perlindungan Keanekaragaman Hayati dalam Penilaian Proper.

Semua tulisan ilmiah yang dipublikasikan telah melalui proses seleksi dengan metoda *blind review* oleh dewan redaksi dan mitra bestari.

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terimakasih kepada dewan pengarah, dewan redaksi, editor pelaksana, tim sekretariat, dan para penulis yang telah memberikan peran secara aktif sehingga penerbitan Jurnal JENV ini dapat terlaksana dengan baik. Kami berharap Jurnal JENV volume 2 nomor 1 bulan April 2017 ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu dan pendidikan di Indonesia, khususnya di bidang Lingkungan Hidup.

Ketua Dewan Editor

JEN

Journal of Environmental Engineering & Waste Management
Jurnal Teknik Lingkungan dan Pengelolaan Limbah

Vol. 02 No. 01, April 2017

ISSN 2527-9629

- | | |
|---|-------|
| Potensi Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca Dari Kegiatan Eksplorasi dan Produksi Minyak dan Gas Bumi di PT XYZ
(Agung G. Kramawijaya, Kania Dewi) | 1-12 |
| Inventarisasi Status Keanekaragaman Hayati Sebagai <i>Baseline</i> Upaya Perlindungan Keanekaragaman Hayati Dalam Penilaian Proper (Studi Kasus : Hutan Kota Tegalsari, Kota Balikpapan)
(Filson M. Sidjabat, Kania Dewi, Deri Ramdhani) | 13-24 |
| Daya Dukung Lingkungan Hidup DAS Ciliwung Hulu di Kabupaten Bogor
(Hengky Wijaya, Omo Rusdiana, Suria Darma Tarigan) | 25-32 |
| Studi Potensi Penyisihan Nitrogen Pada Efluen IPAL Domestik Dengan Penggunaan Constructed Wetland (Studi Kasus : IPAL Bojongsoang, Bandung)
(Yandes Panelin) | 33-42 |
| Optimasi Usulan Perubahan Kawasan Hutan Dalam Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi (RTRWP) di Provinsi Kalimantan Timur
(Dony Satria, Omo Rusdiana, Nining Puspaningsih) | 43-50 |



Journal of Environmental Engineering & Waste Management
Jurnal Teknik Lingkungan dan Pengelolaan Limbah

Building A Lt. 3 President University, Faculty of Engineering
Jl. Ki Hajar Dewantara, Jababeka Education Park, Cikarang Baru, Bekasi 17550 – Indonesia
Phone./Fax: (021) 8910 9762 / 9768; Email: j-env@president.ac.id
Website: env.president.ac.id (President University: www.president.ac.id)

POTENSI MITIGASI EMISI GAS RUMAH KACA DARI KEGIATAN EKSPLORASI DAN PRODUKSI MINYAK DAN GAS BUMI DI PT. XYZ

Agung Ghani Kramawijaya¹ dan Kania Dewi²
Program Studi Teknik Lingkungan
President University
Jl. Kihajar Dewantara
¹agung.ghani@yahoo.com, ²kanci_dewi@yahoo.com

Abstrak:- Kegiatan eksplorasi dan produksi di industri minyak dan gas merupakan sumber emisi gas rumah kaca (GRK) yang cukup signifikan. PT. XYZ merupakan salah satu industri minyak dan gas bumi sektor hulu di Indonesia dan memiliki potensi minyak dan gas bumi yang besar dengan cadangan yang masih belum dikelola. Oleh karena itu, potensi emisi GRK dari kegiatan eksplorasi dan produksi di PT. XYZ sangat besar. Penelitian ini dilakukan untuk mengestimasi potensi penurunan emisi GRK di PT. XYZ dari berbagai aktivitas. Inventarisasi emisi adalah langkah pertama yang dilakukan untuk menghitung jumlah GRK yang dilepaskan ke atmosfer. Metode perhitungan menggunakan metode yang dikembangkan oleh American Petroleum Institute (API, 2009). Metode ini membagi sumber emisi menjadi sumber pembakaran, sumber vented, sumber fugitive, dan sumber tidak langsung. Penelitian ini mempertimbangkan tiga jenis alternatif mitigasi, yaitu alternatif teknis (skenario 1), alternatif tingkah laku (skenario 2), dan alternatif kebijakan pemerintah (skenario 3). Berdasarkan hasil inventarisasi, flare dan tangki penyimpanan minyak merupakan emisi GRK utama di PT. XYZ. Skenario 1 lebih mengutamakan pengendalian emisi GRK di flaring dan tangki penyimpanan sebagai sumber emisi utama. Sedangkan skenario yang lain lebih mengutamakan pada pengendalian emisi GRK dari sektor transportasi. Skenario 1 berpotensi menurunkan emisi sebesar 48,3 %. Sedangkan skenario 2 dan 3 berturut-turut berpotensi menurunkan emisi sebesar 0,15%, dan 0,52%. Berdasarkan perhitungan biaya mitigasi. Emisi dari flare dan tangki penyimpanan minyak dapat diturunkan melalui pemasangan unit flaring gas recovery dan vapor recovery. Keduanya efektif dan efisien dalam menurunkan emisi GRK di PT. XYZ. Selain itu juga, seluruh mitigasi terhadap sektor transportasi dapat memberikan keuntungan secara ekonomi meskipun jumlah GRK yang dapat diturunkan tidak signifikan

Kata Kunci: GRK, Mitigasi, Pengurangan Flare, Vapor Recovery Unit, Industri Minyak Hulu.

Abstract: The activity of exploration and production in oil and gas industry is significant greenhouse gas (GHG) emission source. PT. XYZ is one of upstream oil and gas industry in Indonesia and it have large crude oil and gas potential with it reserves that not manage yet. Therefore, GHG emission potential from the activity of exploration and production in PT. XYZ is very large. This study is done for estimate GHG emission reduction potential in PT. XYZ from various activities. Emission inventory is the first step to estimate GHG released to atmosphere. Method of estimation use the method developed by American Petroleum Institute (API). This study considers three types of mitigation measures options, including technical options (scenario 1), behavior option (scenario 2), and policy option (scenario 3). Based on emission inventory, flare and oil storage tank are primary source of GHG emissions in PT. XYZ. Scenario 1 prefers control of GHG emissions in flare and storage tank as primary emission source. While others scenario prefers to control GHG emission from transportation sector. Scenario 1 has potential to reduce emissions by 48.3 %. While scenario 2, and 3 in sequences have potential to reduce emissions by 0.15%, and 0.52%. Emissions flare and oil storage tank can be reduced through the installation of flaring gas recovery unit and vapor recovery unit. Both are effective and efficient in reducing GHG emissions in PT. XYZ. In addition, all mitigation measures of transportation sector provide benefits even though the amount of GHG that can be reduced is not significant.

Keywords: GHG, Mitigation Measures, Flare Reduction, Vapor Recovery Unit, Upstream Oil Industry

PENDAHULUAN

Pengesahan Kyoto Protocol pada tahun 2005 menjadi awal dari upaya dunia mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK). Karbon dioksida (CO₂), metan (CH₄), nitro oksida (N₂O) merupakan gas rumah

kaca yang memberikan kontribusi sebesar 50, 18, dan 6 persen terhadap efek pemanasan global secara keseluruhan (UNFCCC, 2003). Indonesia merupakan negara yang memiliki cadangan minyak mentah yang besar dan tersebar di

berbagai daerah, salah satunya adalah PT. XYZ. Wilayah ini merupakan salah satu industri minyak dan gas bumi sektor hulu dan memiliki potensi minyak dan gas bumi yang besar dengan cadangan yang masih belum dikelola. Dampak positif berupa perkembangan ekonomi di PT. XYZ berbanding terbalik dengan dampak negatif yang ditimbulkan. Dampak tersebut adalah kemungkinan meningkatnya emisi GRK.

Demi mengatasi kemungkinan tersebut, pemerintah Indonesia mengeluarkan beberapa kebijakan terkait penurunan emisi GRK untuk memenuhi komitmen dalam menurunkan GRK. Kebijakan-kebijakan tersebut meliputi:

- Peraturan Presiden RI No. 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca. Berdasarkan regulasi tersebut, pemerintah Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 26% dengan usaha sendiri dan 41% jika mendapat bantuan internasional pada tahun 2020. Kegiatan penurunan emisi GRK dilakukan terhadap 5 sektor, meliputi sektor pertanian, kehutanan dan lahan gambut, energi dan transportasi, industri, dan pengelolaan limbah
- Peraturan Presiden RI No. 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Berdasarkan regulasi tersebut, pemerintah Indonesia berupaya melakukan inventarisasi emisi skala nasional yang bertujuan untuk menyediakan informasi secara berkala mengenai tingkat, status dan kecenderungan perubahan emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon di tingkat nasional, provinsi dan kabupaten/kota. Selain itu juga untuk menyediakan informasi pencapaian

penurunan emisi GRK dari kegiatan mitigasi perubahan iklim nasional.

Saat ini, penelitian terhadap upaya penurunan emisi GRK di industri minyak dan gas bumi untuk berbagai sektor sangat berkembang. Beberapa penelitian telah dilakukan guna menganalisis potensi suatu teknologi untuk mengurangi emisi GRK. Namun, sebagian besar penelitian dilakukan di industri minyak dan gas bumi sektor pemurnian (*refinery*). Hal ini dikarenakan potensi penurunan emisi GRK di sektor industri pemurnian minyak dan gas lebih besar.

Namun, bukan berarti tidak ada penelitian terhadap industri minyak dan gas bumi sektor hulu. Penelitian mitigasi di sektor hulu banyak dikembangkan di Alberta, Kanada. Timilsina et al, 2006 melakukan penelitian mitigasi di industri minyak dan gas bumi sektor hulu, Alberta. Penelitian ini lebih fokus terhadap penilaian teknologi yang dapat digunakan untuk mengurangi emisi GRK di sektor energi, flaring, dan emisi fugitive. Pengembangan lain dilakukan oleh Johnson dan Coderre, 2011 dan 2012 yang melakukan penelitian terhadap potensi penurunan emisi CO₂ melalui program mitigasi pengurangan flaring dan venting. Penelitian ini menganalisis secara ekonomi kemungkinan penerapan program mitigasi pengurangan *flaring* dan *venting* di Alberta.

Penelitian lain yang terkait dengan upaya mitigasi emisi GRK yaitu penelitian oleh Greene dan Schafer, 2003 yang menyatakan bahwa perilaku mengemudi dapat mempengaruhi nilai ekonomi bahan bakar kendaraan. Selain itu, penelitian Atabani et al, 2012 menyatakan bahwa peningkatan standar ekonomi bahan bakar optimum untuk menurunkan emisi GRK dari sektor transportasi adalah sebesar 15%. Namun, kedua penelitian ini masih

bersifat umum dan tidak dikhususkan pada sektor hulu industri minyak dan gas.

Oleh karena itu, perlu adanya penelitian untuk menentukan mitigasi terhadap emisi GRK dari kegiatan eksplorasi dan produksi minyak di PT. XYZ. Teknologi yang dapat diaplikasikan harus dianalisis secara teknis dan ekonomi untuk memastikan bahwa program mitigasi tersebut dapat diandalkan.

METODOLOGI

Maksud dari penelitian ini adalah untuk melakukan kajian terhadap program-program mitigasi emisi gas rumah kaca (GRK) yang kemungkinan dapat diaplikasikan pada kegiatan eksplorasi dan produksi minyak dan gas PT. XYZ dengan melakukan analisis secara teknis, lingkungan dan ekonomi. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Deskripsi Kegiatan

Industri minyak dan gas di PT. XYZ terbagi menjadi 4 distrik, yaitu Distrik I, Distrik II, Distrik III, dan Distrik Gas, dengan beberapa fasilitas produksi di masing-masing distrik. Fasilitas-fasilitas produksi meliputi Stasiun Pengumpul (SP), Stasiun Pengumpul Gas, Stasiun Penyerahan Gas Stasiun Kompresi Gas (SKG), Pusat Pengumpul Produksi (PPP), Stasiun Pengukur Minyak (SPM) dan Stasiun Pengumpul Utama (SPU). Jumlah fasilitas yang terdapat di industri minyak dan gas PT. XYZ sebanyak 30 buah. Fasilitas-fasilitas tersebut tersebar di distrik-distrik meliputi:

- Distrik I terdiri dari 4 SKG dan 6 SP
- Distrik II terdiri dari 8 SP
- Distrik III terdiri dari 2 SPM, 1 SPU, 1 PPP, 1 SKG, dan 5 SP
- Distrik IV terdiri dari 1 SPG dan 1 Stasiun Penyerahan gas.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dilakukan dengan metode survey lapangan, yaitu mengambil data dengan datang langsung ke lokasi penelitian, terutama kondisi eksisting semua fasilitas kegiatan eksplorasi dan produksi minyak dan gas. Sementara itu data sekunder dikumpulkan dari pihak penanggung jawab kegiatan eksplorasi dan produksi minyak dan gas di area PT. XYZ.

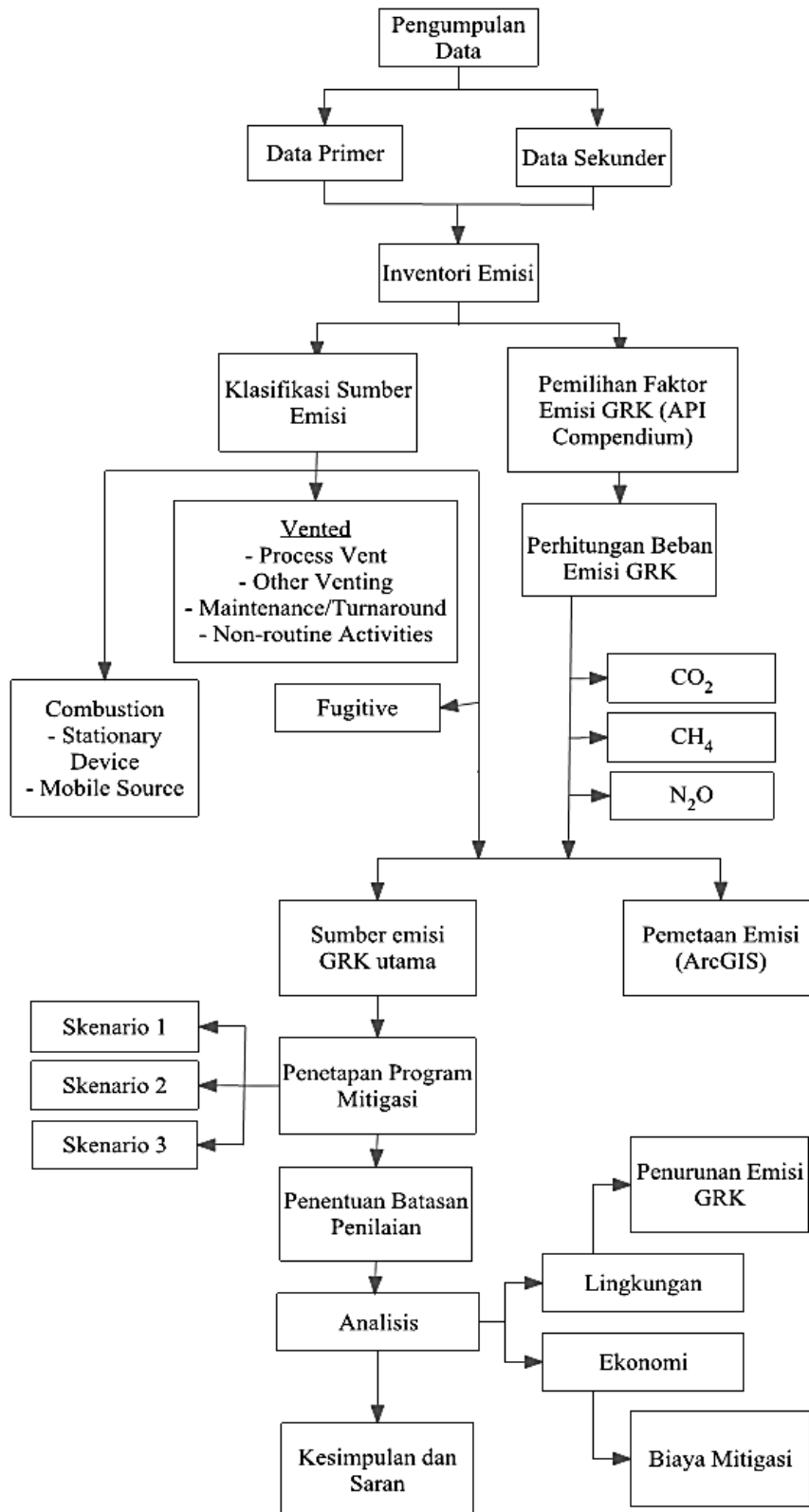
Inventori Emisi

Data-data yang sudah diperoleh akan digunakan dalam perhitungan beban emisi GRK, dimana nilai beban emisi akan dijadikan sebagai sumber informasi untuk menetapkan program mitigasi yang paling tepat diaplikasikan di lokasi penelitian.

Sumber-sumber emisi dari kegiatan eksplorasi dan produksi minyak bumi dan gas di PT. XYZ akan dikelompokkan ke dalam beberapa kelompok sumber emisi, yaitu sumber pembakaran, sumber vented, sumber fugitive, dan sumber tidak langsung (API, 2009). Perhitungan emisi menggunakan metode faktor emisi yang dinyatakan dalam **Persamaan 1**.

Penetapan Program Mitigasi

Pada tahap ini akan ditentukan program mitigasi untuk menurunkan emisi GRK yang ditentukan berdasarkan hasil inventori dan mungkin dapat diaplikasikan pada kegiatan eksplorasi dan produksi minyak bumi dan gas di PT. XYZ. Pada tahap ini pula dilakukan identifikasi baseline skenario untuk masing-masing program mitigasi berdasarkan pertimbangan teknis dan panduan umum. Penelitian ini mempertimbangkan tiga jenis alternatif upaya penurunan emisi, yaitu alternatif teknis (skenario 1), alternatif tingkah laku (skenario 2), dan alternatif kebijakan pemerintah (skenario 3).



Gambar 1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Alternatif teknis lebih diimplementasikan untuk mengurangi emisi GRK dari sumber utama, yaitu flaring dan emisi metan dari tangki penyimpanan minyak, dan kegiatan pemeliharaan kendaraan. Sementara itu, alternatif tingkah laku dan kebijakan pemerintah lebih diimplementasikan untuk mengurangi emisi GRK dari sektor transportasi. Selain itu juga perlu menentukan kerangka waktu yang memungkinkan baseline skenario dapat diaplikasikan.

Penentuan *Assessment Boundary*

Pada tahap ini dilakukan identifikasi sumber, *sink*, atau reservoir yang dikendalikan oleh, berhubungan, dan relevan terhadap skenario baseline. Penentuan batasan ini berfungsi untuk menjaga ruang lingkup ketika melakukan perhitungan penurunan emisi GRK.

Potensi Penurunan Emisi

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan potensi penurunan emisi dari kegiatan eksplorasi dan produksi minyak bumi dan gas PT. XYZ.

Perhitungan potensi penurunan dilakukan terhadap masing-masing skenario yang ditetapkan berdasarkan hasil inventori emisi GRK. Penurunan emisi GRK dapat dicari dengan menggunakan **Persamaan 2** dan **Persamaan 3**.

Biaya Mitigasi

Biaya mitigasi rata-rata mempertimbangkan investasi dan biaya mitigasi (termasuk biaya energi) dari masing-masing mitigasi. Biaya masing-masing alternatif mitigasi ditentukan dari biaya tambahan untuk mengimplementasikan mitigasi dibagi dengan penurunan emisi GRK tahunan (Borba et al, 2012). Perhitungan biaya mitigasi menggunakan **Persamaan 4**.

Biaya bersih tahunan (NAC) merepresentasikan selisih antara biaya investasi tahunan dengan keuangan tahunan yang dihasilkan dari implementasi alternatif mitigasi (Borba et al, 2012). Hasil keuangan ini diperoleh melalui pengurangan pendapatan terhadap pengeluaran operasional dan perawatan yang dinyatakan dalam **Persamaan 5**.

$$Emisi = \sum EF_{a,b,c} \times Activity_{a,b,c} \quad (\text{Persamaan 1})$$

Dimana:

- Emisi = Laju emisi polutan (ton/tahun)
- EF = Faktor emisi polutan (ton/aktivitas)
- Activity = Laju aktivitas (aktivitas/tahun)

$$\text{Penurunan Emisi} = \text{Emisi GRK}_{\text{Baseline}} - \text{GRK Emisi}_{\text{Program}} \quad (\text{Persamaan 2})$$

Dimana:

- Penurunan Emisi = Jumlah penurunan emisi GRK (ton CO₂e)
- Emisi GRK_{Baseline} = Jumlah emisi GRK tanpa program penurunan emisi (ton CO₂e)
- GRK Emisi_{Program} = Jumlah emisi GRK dengan program penurunan emisi (ton CO₂e)

$$\text{Emisi GRK} = \text{CMB} + \text{VENT} + \text{FUG} + \text{IND} \quad (\text{Persamaan 3})$$

Dimana:

- CMB = Emisi pembakaran (ton CO₂e)
- VENT = Emisi vented (ton CO₂e)
- FUG = Emisi fugitive (ton CO₂e), dan
- IND = Emisi tidak langsung (ton CO₂e)

$$AAC = \sum_t \frac{NAC^{program} - NAC^{baseline}}{AE^{baseline} - AE^{program}} \quad (\text{Persamaan 4})$$

dimana

- AAC = Biaya mitigasi rata-rata untuk menurunkan satu ton CO₂e dari masing-masing alternatif mitigasi di tahun t
- NAC = Biaya bersih tahunan untuk mengimplementasikan alternatif mitigasi
- AE = Emisi GRK tahunan pada masing-masing skenario

$$NAC = \frac{INV.r \cdot ((1+r)^T / (1+r)^T - 1) + OM + FUEL - REV}{(1+r)^{(n-2012)}} \quad (\text{Persamaan 5})$$

dimana

- REV = Pendapatan
- OM = Biaya operasional dan perawatan
- FUEL = Biaya bahan bakar
- r = *Discount rate*
- T = Umur efektif proyek
- n = tahun analisis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Emisi GRK di PT. XYZ

GRK dihitung sebagai karbon dioksida ekuivalen (CO₂e), dimana senyawa yang dilepaskan ke atmosfer dikonversi menjadi nilai CO₂e dengan menggunakan faktor yang spesifik terhadap senyawa tersebut (Beaubien, 2009). Berdasarkan rekomendasi IPCC (IPCC Guidelines 2016), GWP metan dan nitrogen oksida adalah 21 dan 310. Nilai CO₂e diperoleh dengan mengalikan emisi GRK non-karbon dioksida dengan nilai GWP tersebut. Hasil perhitungan akan dijumlahkan dengan beban emisi karbon dioksida sehingga diperoleh nilai CO₂e total. Nilai CO₂e ini merepresentasikan total GRK yang diemisikan dari seluruh sumber dan dapat digunakan untuk

membandingkan kontribusi emisi GRK dari masing-masing sumber.

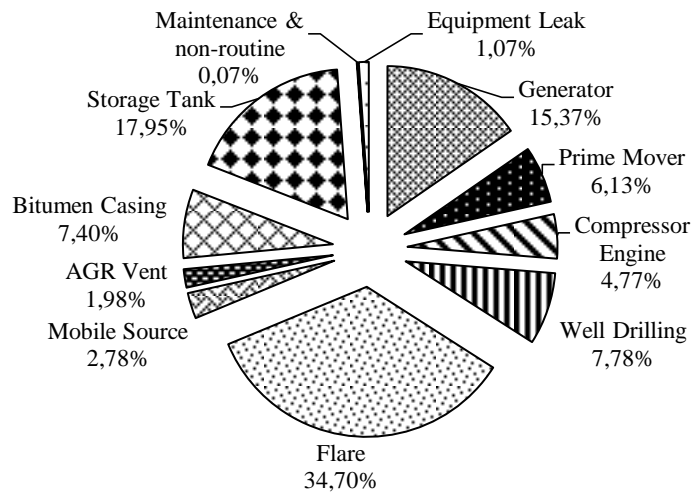
Rekapitulasi Emisi GRK DI PT. XYZ

Sumber combustion paling banyak mengemisikan GRK sebesar 72% dari total emisi GRK di PT. XYZ. Sedangkan sumber vented 27% dan fugitive mengemisikan 1% dari total emisi GRK di PT. XYZ. Kontribusi masing-masing sumber emisi dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Sumber Emisi Utama GRK

Berdasarkan **Gambar 2**, diketahui bahwa flare, tangki penyimpanan (storage tank), dan generator mengemisikan GRK paling banyak dibandingkan sumber yang lain, yaitu mencapai 34,70%, 17,95%, dan 15,42% dari total emisi GRK yang diemisikan dari aktivitas eksplorasi dan

produksi minyak dan gas bumi di PT. XYZ.



Gambar 2. Kontribusi Masing-Masing Sumber Emisi di PT. XYZ

Alternatif Mitigasi di PT. XYZ.

Penelitian ini mempertimbangkan tiga jenis alternatif mitigasi di PT. XYZ, yaitu alternatif teknis (skenario 1), alternatif tingkah laku (skenario 2), dan alternatif kebijakan pemerintah (skenario 3).

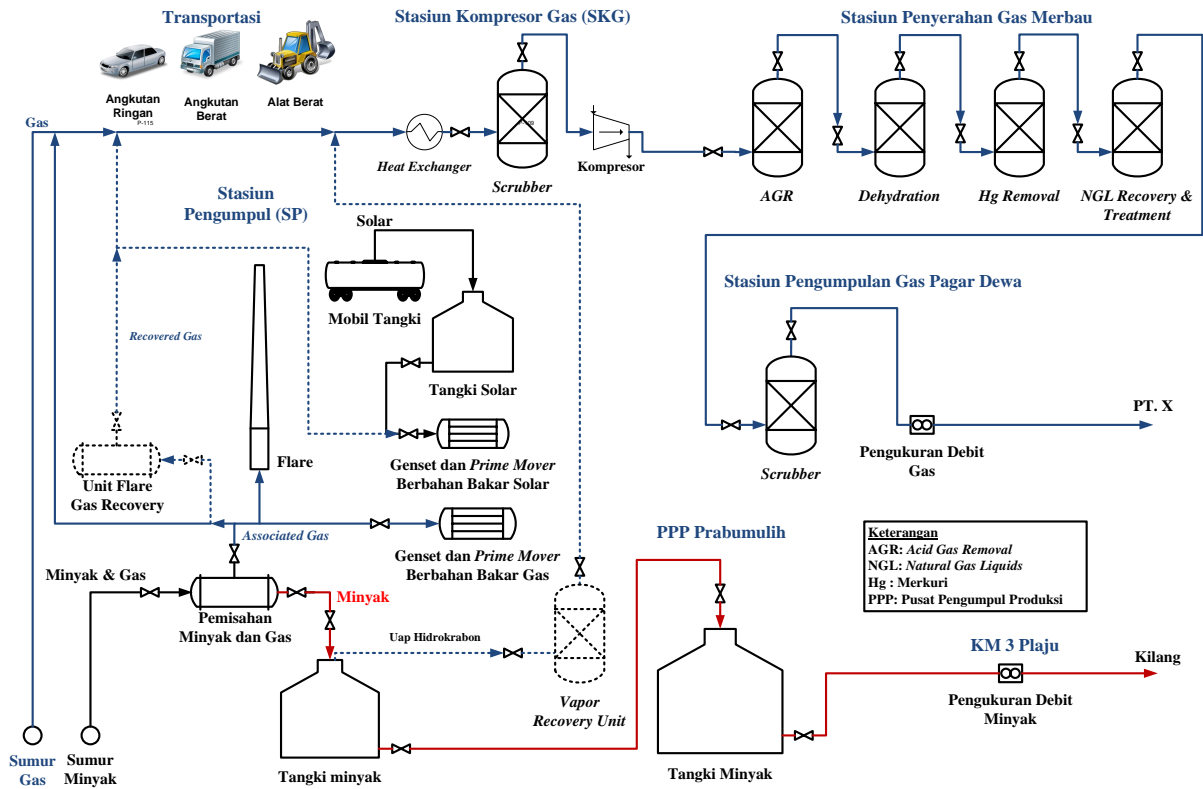
- Skenario 1a:** Pengurangan Gas Flare, Penangkapan Uap Hidrokarbon dari Tangki, dan Penggantian Bahan Bakar Genset dan Prime Mover. Pada umumnya, penerapan aplikasi mitigasi penurunan flaring dapat mengurangi lebih dari 93% total gas yang di-flare (Peterson et al, 2007). Sedangkan uap hidrokarbon dari tangki penyimpanan dapat ditangkap hingga 95% (EPA, 2006). Diagram alir kegiatan produksi di skenario 1a dapat dilihat pada **Gambar 3**.
- Skenario 1b:** Inspeksi dan Perawatan Kendaraan. Jenis perawatan kendaraan yang dilakukan meliputi tune up mesin kendaraan, mempertahankan tekanan ban, dan penggunaan oli mesin yang tepat sesuai dengan rekomendasi pabrikan

mesin kendaraan (Sivak dan Schoettle, 2012). Ilustrasi skenario 1b dapat dilihat pada **Gambar 4**.

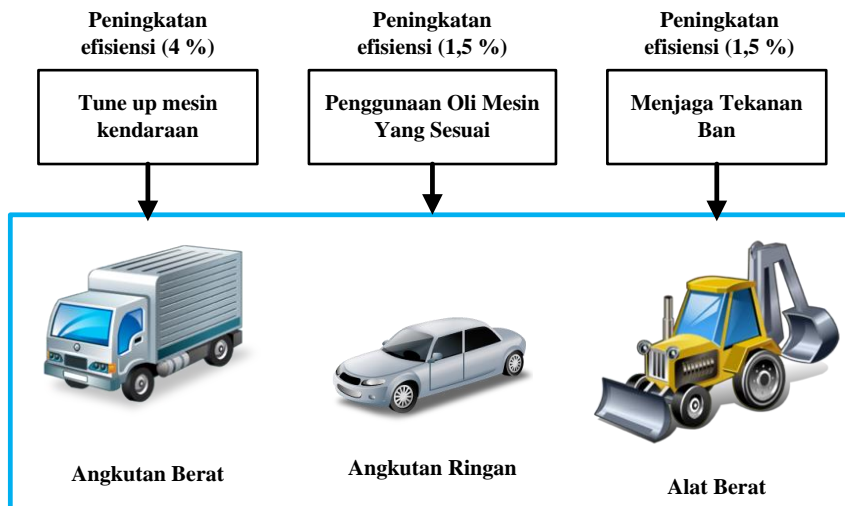
- Skenario 2:** Implementasi Eco-Driving. Perilaku mengemudi dapat mempengaruhi nilai ekonomi bahan bakar kendaraan (Greene dan Schafer, 2003). Di Skenario 2, diasumsikan bahwa eco-driving dapat secara penuh diimplementasikan hanya oleh 20% dari seluruh pengemudi di PT. XYZ setelah diadakan pelatihan eco-driving.. Ilustrasi skenario 1b dapat dilihat pada **Gambar 5**.
- Skenario 3:** Peningkatan Standar Nilai Ekonomi Bahan Bakar Kendaraan dan Penggunaan Bahan Bakar Alternatif Kendaraan. Peningkatan standar nilai ekonomi bahan bakar akan berdampak pada penurunan konsumsi bahan bakar sehingga emisi GRK akan berkurang. Sementara itu, bahan bakar alternatif yang digunakan pada skenario 3 adalah gas. Penggunaan bahan bakar gas sebagai bahan bakar diikuti

dengan penggantian teknologi kendaraan. Kedua mitigasi ini hanya diterapkan di angkutan ringan dan

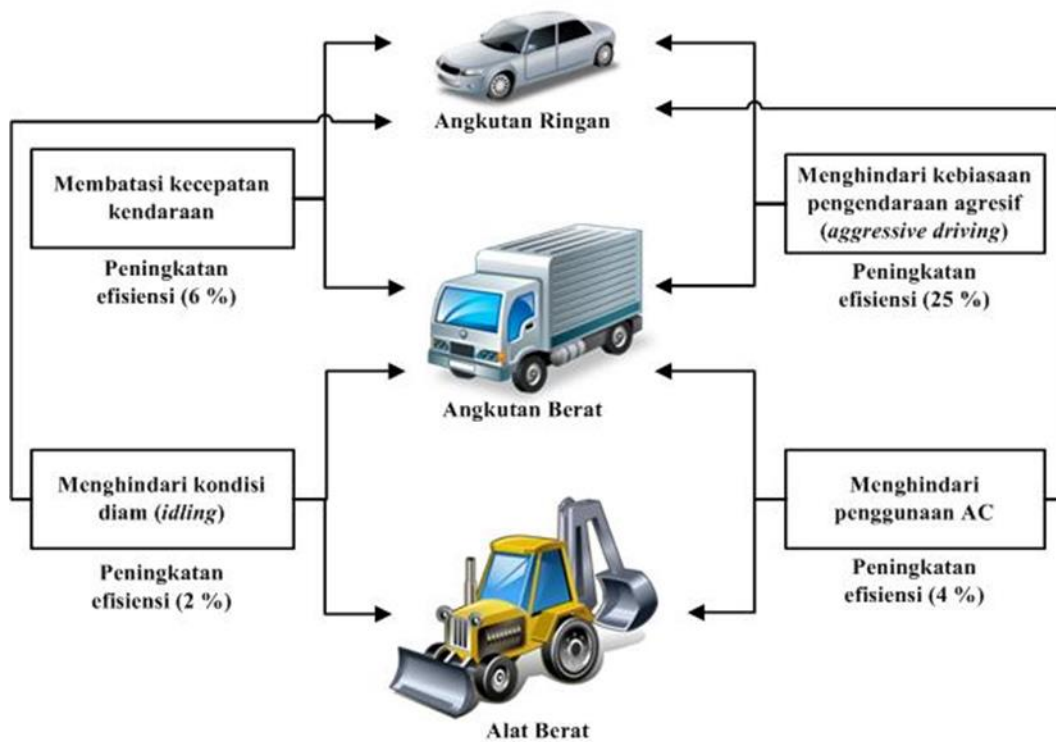
angkutan berat. Ilustrasi skenario 3 dapat dilihat pada **Gambar 6**.



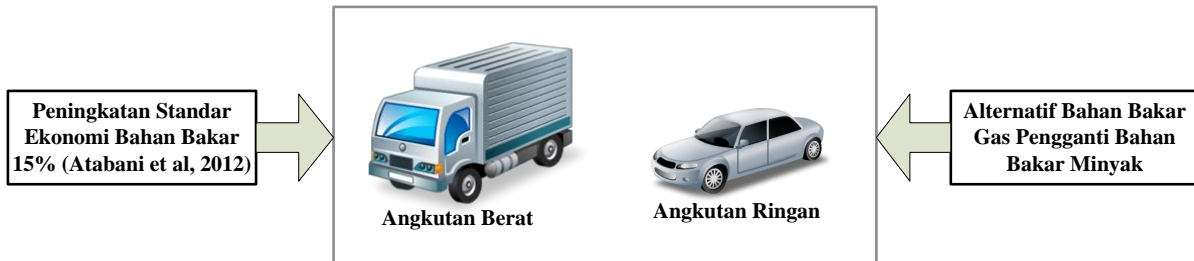
Gambar 3 Diagram Alir Kegiatan Produksi Minyak dan Gas Pada Skenario 1a



Gambar 4 Dampak Skenario 1b Terhadap Nilai Ekonomi Bahan Bakar



Gambar 5 Implementasi Skenario 2 di PT. XYZ



Gambar 6 Implementasi Skenario 3 di PT. XYZ

Manfaat Lingkungan dan Ekonomi

Manfaat secara lingkungan berupa penurunan emisi GRK yang berhasil dilakukan melalui mitigasi GRK. Penurunan emisi GRK dihitung untuk masing-masing skenario. Potensi penurunan emisi merupakan selisih antara emisi baseline dengan emisi program

mitigasi untuk masing-masing skenario. Sementara itu manfaat secara ekonomi berupa nilai gas yang mampu diselamatkan dan penghematan bahan bakar. Manfaat ekonomi dari masing-masing skenario dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Manfaat Lingkungan dan Ekonomi Dari Masing-Masing Skenario

Skenario	Potensi penurunan emisi GRK (%)	Nilai Gas Yang Terselamatkan (\$)	Penghematan Bahan Bakar (\$)
Skenario 1a			
• Pengurangan gas flare	32,6	4.905.600	-
• Recovery uap hidrokarbon	14,7	416.891	-
• Penggantian bahan bakar peralatan stasioner	0,12	-	191.222
Skenario 1b			
• Perawatan kendaraan	0,18		85.469
Skenario 2			
• Implementasi eco-driving	0,15		66.444
Skenario 3			
• Peningkatan standar ekonomi bahan bakar	0,25		108.960
• Bahan bakar alternatif kendaraan	0,27		167.073

Biaya Mitigasi

Besarnya potensi penurunan emisi GRK dan biaya mitigasi dari masing-masing skenario dapat dilihat pada **Tabel 2**. Berdasarkan **Tabel 2**, hampir seluruh mitigasi di setiap skenario memungkinkan untuk diimplementasikan. Mitigasi yang paling menjanjikan adalah aplikasi kebijakan penggunaan bahan bakar alternatif untuk kendaraan meskipun potensi penurunan emisi GRK relatif rendah. Hal ini dikarenakan biaya yang dikeluarkan untuk pembelian bahan bakar gas jauh lebih kecil daripada biaya bahan

bakar minyak. Perbedaan inilah yang memberikan manfaat secara ekonomi bagi mitigasi ini.

Sementara itu, mitigasi penggantian bahan bakar peralatan stasioner tidak disarankan untuk diimplementasikan. Hal ini dikarenakan biaya mitigasi yang sangat besar. Harga karbon dioksida dalam 5 tahun terakhir pun tidak pernah mencapai nilai di atas \$144,1 (Bloomberg, 2012).

Tabel 2. Potensi Penurunan Emisi GRK dan Biaya Mitigasi Dari Masing-Masing Skenario

Mitigasi	Biaya Mitigasi (US \$/ton CO ₂ e)	Penurunan emisi GRK kumulatif (2013-2020) (ton CO ₂ e)
Skenario 1a		
• Pengurangan gas flare	-5,2	448.970
• Recovery uap hidrokarbon	-4,8	202.518
• Penggantian bahan bakar peralatan stasioner	144,1	2.084
Skenario 1b		
• Perawatan kendaraan	-72,8	3.193
Skenario 2		
• Implementasi eco-driving	0,5	2.646
Skenario 3		
• Peningkatan standar ekonomi bahan bakar	-93,2	3.858
• Bahan bakar alternatif kendaraan	-1.070	4.194

KESIMPULAN

Penelitian ini memberikan hasil bahwa sumber emisi utama dari kegiatan eksplorasi dan produksi minyak dan gas di PT. XYZ yaitu flaring dan tangki penyimpanan minyak. Emisi dari kedua sumber ini dapat diturunkan melalui pemasangan unit flaring gas recovery dan vapor recovery. Keduanya efektif dan efisien dalam menurunkan emisi GRK di PT. XYZ. Selain itu juga, seluruh mitigasi terhadap sektor transportasi dapat memberikan keuntungan secara ekonomi meskipun jumlah GRK yang dapat diturunkan tidak signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

Atabani, A.E., Silitonga, A.S., T.M.I. Mahlia (2012). Cost benefit analysis and environmental impact of fuel economy standard for passenger cars in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 : 3547-3558

API (2009). Compendium of Greenhouse Gas Emission Methodologies For The Oil and Gas Industry

Bloomberg. 2012. Spot Carbon Dioxide (CO₂) Emissions EUA Price/Europe. Tersedia di <<http://www.bloomberg.com/quote/EUETS SY1:IND>>. Diakses pada tanggal 11 Agustus 2012

Borba, B.S.M.C., Lucena, A.F.P., Rathmann, R., Costa, I.V.L., Nogueira, L.P.P., Rochedo, P.R.R., Branco, D.A., Junior, M.F.H., Szklo, A., Schaeffer, R.(2012). Energy-related climate change mitigation in Brazil: Potential, abatement cost, and associated policies. *Energy Policy* 49 : 430-441

Rick, Beaubien (2009). Efficiency Improvement Cut GHG Emissions, Help Profits. *Oil & Gas Journal* 107 : 20

Greene D.L. dan Schafer, A. (2003). Reducing Greenhouse Gas Emission From U.S. Transportation, Tersedia di <<http://www.c2es.org/docUploads/ustransp.pdf>>. Diakses pada 19 Juli 2012

EPA (2006). Installing Vapour Recovery Units on Storage Tanks. Tersedia di <http://www.epa.gov/gasstar/documents/ll_f inal_vap.pdf>. Diakses pada tanggal 1 Juli 2012

EPA (2010). Available And Emerging Technologies For Reducing Greenhouse Gas Emission From The Petroleum Refining Industry. Tersedia di <<<http://www.epa.gov/nsr/ghgdocs/refineries.pdf>>. Diakses pada tanggal 1 Juli 2012

- Timilsina, G.R., Naini, A., Walden, T. (2006). GHG Emission and Mitigation Measures for the Oil & Gas Industry Alberta. University of Calgary
- Peterson, J., Cooper, H., Baukal, C. (2007). Minimize facility flaring. *Hydrocarbon Processing* : 111-115
- Sivak, M. dan Schoettle, B. (2012). Eco-driving: Strategic, tactical, and operational decisions of the driver that influence vehicle fuel economy, *Transport Policy* 22 : 96-99
- Johnson, M.R. dan Coderre, A.R.. (2011). An analysis of flaring and venting activity in Alberta upstream oil and gas industry. *Journal of the Air & Waste Management Association* 61 : 190-200
- Johnson, M.R. dan Coderre, A.R. (2012). Opportunities for CO₂ equivalent emission reductions via flare and vent mitigation: A case study for Alberta, Canada. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 8 : 121-131

INVENTARISASI STATUS KEANEKARAGAMAN HAYATI SEBAGAI BASELINE UPAYA PERLINDUNGAN KEANEKARAGAMAN HAYATI DALAM PENILAIAN PROPER

(Studi Kasus: Hutan Kota Telagasari, Kota Balikpapan)

Filson Maratur Sidjabat¹, Kania Dewi² dan Deri Ramdhani³

¹Environmental Engineering, President University, Jl Ki Hajar Dewantara, Cikarang, West Java, 17550

²Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Jl Ganesha 10 Bandung, 40132

³CV. Akar Kreasindo, Jl. Berlian No.11 Kav. Permata Bumi, Cisaranten Kulon Arcamanik, 40293.

¹fmsidjabat@president.ac.id, ²kaniadewi@fts.itb.ac.id, ³manuk_der@yahoo.com

Abstrak: Upaya pengelolaan lingkungan dalam bentuk konservasi diperlukan agar nilai sumber daya hayati beragam, dan sebagai wujud mendukung pemanfaatan sumber daya alam hayati dan ekosistemnya secara keberlanjutan di Hutan Kota Telagasari (HKTs), Kota Balikpapan. HKTs telah ditetapkan sebagai Ruang Terbuka Hijau dan direncanakan pengembangannya sebagai kawasan yang dilindungi dan pusat pendidikan keanekaragaman hayati di Kota Balikpapan. Pengumpulan data dilakukan dengan metode observasi langsung flora dan fauna terestrial. Tercatat 133 jenis flora di HKTs (11 jenis flora yang dilindungi oleh IUCN dan 14 jenis berdasarkan PP RI dalam SK/54/Pertanian/1972) dengan nilai Indek Keanekaan *Shannon-Wiener* (H') kategori semai sebesar 3,04, H' kategori pancang sebesar 3,02, H' kategori tiang sebesar 3,02, H' kategori pohon sebesar 1,86. Jumlah jenis avifauna yang tercatat di Hutan Kota Telagasari Balikpapan adalah 35 jenis (7 jenis mempunyai nilai penting karena status perlindungannya), dengan Indeks Keanekaan *Shannon-Wiener* (H') avifauna sebesar 2,762. Jumlah spesies mamalia yang tercatat adalah sebanyak 7 spesies dan 21 individu, dengan H' mamalia sebesar 1,5. Data dan informasi inventarisasi status keanekaragaman hayati ini dapat digunakan untuk mendukung upaya konservasi atau pelestarian lingkungan. *Baseline* status keanekaragaman hayati dan status konservasi di HKTs Balikpapan akan diukur sebagai parameter keberhasilan implementasi program perlindungan kehati. Usulan Renstra dan Program dalam 5 tahun ke depan untuk HKTs ini kiranya dapat memberikan dampak positif dalam upaya perlindungan kehati di HKTs, Kota Balikpapan.

Kata Kunci: Manajemen Lingkungan, PROPER, Keanekaragaman Hayati, Hutan Kota Telagasari.

Abstract: Environmental Management effort in conservation will be required to diverse natural resources value, and as a form of favouring the sustainability of biological natural resources and its ecosystem utilization in City Forest of Telagasari (HKTs). HKTs have been designated as a green open space and it is developed as a protected area and education center of biodiversity in Balikpapan City. Data collection was done by direct observation method on terrestrial fauna and flora. There are 133 kind of flora in HKTs (11 flora are protected by IUCN and 14 flora are protected by PP RI in SK/54/Pertanian/1972) with a Shannon-Wiener Index (H') 3.04 for 'semai' category, 3.02 for 'pancang', 3.02 for 'tiang', and 1.86 for 'pohon' category. The numbers of avifauna that had been recorded in city forest of Telagasari are 35 species (7 has important protection status), with a Shannon-Wiener Index (H') of 2.762. The numbers of mammals that had been recorded in city forest of Telagasari are 7 species and 21 individuals, with H' mammals of 1.5. This inventory data and information can be used to support the conservation, as an environmental management effort. The baseline of biodiversity and conservation status in HKTs Balikpapan will be measured as a key parameter for the implementation of biodiversity protection program. The strategic planning and program that are proposed for next fifth year for HKTs may give a positif impact for biodiversity and conservation in HKTs.

Keywords: Environmental Management, PROPER, Biodiversity, City Forest of Telagasari.

PENDAHULUAN

Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup (disingkat: PROPER) telah menjadi alat penilaian/evaluasi yang telah mendapat banyak apresiasi dari berbagai pihak. PROPER dinilai mampu

mendorong dunia usaha untuk taat terhadap lingkungan, menerapkan efisiensi pemakaian sumber daya dan memberdayakan masyarakat serta melakukan inovasi untuk pengelolaan lingkungan (Sekertariat PROPER, 2015).

Dalam Permenlh No.3 Tahun 2014 dan lampirannya, diatur secara mendetil bagaimana penilaian kinerja perusahaan dalam pengelolaan lingkungan hidup, dengan peringkat hijau, kemudian emas diposisi teratas. PROPER telah menjadi ajang penilaian yang bergengsi untuk menunjukkan kinerja para pelaku usaha di bidang pengelolaan lingkungan.

Penilaian kandidat PROPER hijau dan emas diberikan kepada para pelaku usaha yang 100% telah memenuhi kriteria penilaian ketaatan terkait dokumen/izin lingkungan, pengendalian pencemaran air dan udara, pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (LB3) dalam Lampiran II Permenlh No.3 Tahun 2014, dan mengikuti penilaian untuk kriteria *beyond compliance* dalam Lampiran V Permenlh No.3 Tahun 2014. Kegiatan/Program perlindungan keanekaragaman hayati (Kehati) meliputi: (1) konservasi insitu (seperti: perlindungan spesies, variabilitas genetic, dan habitat; pengelolaan kawasan lindung), (2) konservasi eksitu (seperti kebun raya, koleksi mikrobiologi, kultur jaringan, bank bibit, dan kebun binatang), (3) restorasi (rekonstruksi ekosistem alami) dan (4) rehabilitasi (perbaikan proses-proses ekosistem seperti daerah aliran sungai). Program upaya perlindungan kehati yang diimplementasi dengan baik dan tepat, salah satunya ditunjukkan oleh meningkatnya status keanekaragaman hayati di daerah tujuan program. Oleh karena itu, inventarisasi status keanekaragaman hayati sebagai *baseline* data dan informasi di Hutan Kota Balikpapan ini, menjadi hal yang sangat penting.

Atas dasar komitmen dalam perlindungan keanekaragaman hayati, dilakukanlah inventarisasi status keanekaragaman hayati sebagai upaya awal dalam mengelola daerah konservasi. Konservasi diperlukan agar nilai sumber daya hayati beragam, sebagai wujud mendukung pemanfaatan sumber daya alam hayati dan ekosistemnya secara

keberlanjutan. Data dan informasi inventarisasi status keanekaragaman hayati dalam berbagai tingkatan di suatu lokasi studi dapat digunakan untuk mendukung upaya konservasi atau pelestarian lingkungan di lokasi tersebut serta di daerah sekitarnya. Penelitian ini membahas hasil evaluasi status dan kecenderungan sumber daya keanekaragaman hayati dan sumber daya biologis yang dapat dikelola sebagai upaya perlindungan/konservasi di Hutan Kota Telagasari (HKTs), Balikpapan.

METODOLOGI

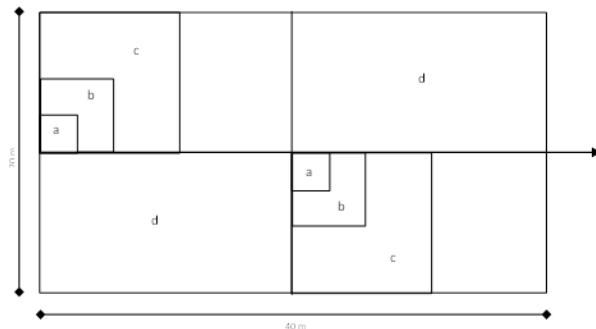
Lokasi Studi. Studi keanekaragaman hayati dilakukan di Hutan Kota Balikpapan di Kecamatan Telagasari Balikpapan, dimana luasannya sekarang hanya tersisa \pm 9 hektar dikarenakan adanya perambahan oleh warga untuk dijadikan pemukiman.

Metode Pengumpulan Data dan Analisis. Metode pengumpulan data adalah dengan metode observasi langsung. Data dibagi menjadi dua bagian, yaitu untuk Flora terestrial, dan Fauna terestrial. Untuk Fauna terestrial, dibagi menjadi dua bagian, yaitu: Avifauna, dan Mamalia.

Metode Pengumpulan Data Flora Terestrial. Pengkajian flora terestrial dilakukan berdasarkan parameter kelimpahan dan keanekaragaman flora terestrial di Hutan Kota Balikpapan. Pengambilan data dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif dilakukan dengan pengumpulan data berupa pencatatan jenis-jenis tumbuhan yang berada di sekitar wilayah studi. Disamping itu dilakukan pencatatan terhadap jenis tumbuhan yang mempunyai nilai ekonomis tinggi, jenis yang biasa digunakan sebagai bahan bangunan, tumbuhan berstatus langka dan dilindungi berdasarkan peraturan perundangan nasional maupun internasional serta tumbuhan khas daerah tersebut.

Pengambilan data secara kuantitatif dilakukan pada dua lokasi di dalam kawasan Hutan Kota Balikpapan, yaitu Hutan Akasia dan Hutan campuran. Metode pengambilan data secara kuantitatif menggunakan metode kuadrat pada jalur sabuk transek sepanjang 200 m dengan lebar 20 m. Pengumpulan data terhadap struktur flora dilakukan pada setiap kategori flora (semai, pancang, tiang dan pohon) dengan mencatat jenis dan jumlah individu. Strata pertumbuhan dibedakan sebagai berikut: (a) Penutup Lantai: Kategori rerumputan/kacangkacangan yang tingginya tidak melebihi dari 0,5 meter; (b) Semai: Mulai dari anakan sampai tanaman yang tingginya kurang dari 1,5 meter; (c) Pancang: Mulai dari 1,5m dan berdiameter ≤ 10 cm; (d) Tiang: Berdiameter antara 10 – 30 cm; (e) Pohon: Berdiameter antara ≥ 30 cm.

Petak kuadrat yang diukur pada masing-masing lokasi sampling adalah sepanjang jalur sabuk transek dengan ukuran petak kuadrat sebagai berikut: 2 m x 2 m untuk tingkat semai, 5 m x 5 m untuk tingkat pancang, 10 m x 10 m untuk tingkat tiang dan 20 m x 20 m untuk tingkat pohon, dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 7 Jalur Petak Ukur Vegetasi

Keterangan: a = Petak ukur tingkat semai dan penutup lantai (2 m x 2 m); b = Petak ukur tingkat pancang (5 m x 5 m); c = Petak ukur tingkat Tiang (10 m x 10 m); d = Petak ukur tingkat pohon (20 m x 20 m)

Analisa Data Flora Terrestrial. Dari data yang terkumpul, dilakukan analisis Indeks Nilai Penting (INP), menggunakan dan Indeks Keanekaragaman Jenis dijabarkan sebagai berikut:

Indeks Nilai Penting: $INP = KR + FR + DR$

Keterangan: INP adalah Indeks Nilai Penting, KR adalah Kerapatan Relatif (%), FR adalah Frekuensi Relatif (%), dan DR adalah Dominansi Relatif (%).

Indeks Keanekaragaman Jenis:

$$\hat{H} = \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

Keterangan: \hat{H} adalah Indeks Keaneka-an Shannon – Wiener, di setiap lokasi, n_i adalah INP suatu jenis, N adalah INP seluruh jenis, \ln adalah Log natural (log dalam kalkulator). Skala Indeks : $H < 1$ = rendah/sedikit; $1 \leq H \leq 3$ = sedang; $H > 3$ = tinggi/melimpah (Shannon-Wiener, 1964).

Metode Pengumpulan Data Fauna Terrestrial. Metode pengumpulan data fauna terrestrial adalah dengan cara

pengamatan langsung (survei) lapangan dan wawancara dengan penduduk setempat. Pengumpulan data dengan pengamatan langsung dilakukan dengan observasi dan penangkapan.

Mammalia

Metode pengumpulan data primer mammalia dilakukan dengan observasi lapangan: penjelajahan. Setiap temuan baik langsung maupun tidak langsung (jejak, kotoran, suara, bulu atau rambut, bekas cakaran, sarang) dicatat jenisnya. Untuk pengumpulan data jenis mammalia kecil, selain dengan observasi langsung juga dilakukan penangkapan dengan menggunakan *Collapsible Sherman Trap* dan *Collapsible Wire Trap*: Ukuran *Sherman Trap* yang digunakan berdimensi panjang 30 cm, lebar 10 cm dan tinggi 12 cm. Sedangkan *Wire Trap* berdimensi panjang 30 cm, lebar 20 cm dan tinggi 15 cm. Jumlah perangkap *Sherman Trap* dan *Wire Trap* masing-masing sekitar 20 buah. Perangkap diletakan di atas permukaan tanah dengan jarak masing-masing sekitar 5 m. Pemasangan perangkap dilakukan di setiap lokasi studi selama 1-2 hari. Nama jenis mamalia yang ditemukan, dilakukan identifikasi dengan mengacu kepada referensi Payne (2000).

Avifauna

Studi avifauna (burung), dilakukan dengan menggunakan kombinasi metode transek dan *point count*, *mistnetting* serta *spotlighting*.

Pengumpulan data avifauna dengan metode transek dilakukan setiap hari pada pagi hari mulai pukul 05.30 sampai pukul 11.00, dan sore hari mulai pukul 15.00 hingga pukul 18.00. Transek dilakukan dengan berjalan kaki dengan kecepatan kira-kira 2 km/jam dan mencatat semua jenis avifauna baik yang terlihat maupun yang terdengar. Berdasarkan proporsi luas wilayah yang di amati dan juga ketersediaan waktu pengamatan, jumlah dan lokasi transek untuk pengumpulan data avifauna adalah sama dengan jumlah transek untuk pengumpulan data flora terrestrial.

Point count dilakukan di setiap transek dengan jumlah titik yang disesuaikan dengan setiap transeknya. Jarak antar titik sekitar 150 meter, hal ini dimaksudkan untuk menghindari penghitungan ganda pada individu jenis yang sama. Waktu pengamatan pada setiap titik adalah selama 20 menit. Pada setiap titik dicatat, jenis dan jumlah avifauna baik yang terlihat maupun yang terdengar.

Mistnetting dilakukan untuk menangkap jenis-jenis avifauna terutama avifauna yang termasuk jenis “*cryptic species*”. Spesifikasi mistnet adalah: matajala 30 mm yang terbuat dari benang nilon, panjang 8 m, tinggi ± 3 m dan jumlah kantung sebanyak 5 buah. Mistnet dipasang selama kurang lebih 12 jam mulai pukul 05.45 hingga sore hari pukul 18.00 dan diperiksa setiap dua jam. Mistnet dipasang hingga permukaan tanah, kira-kira 30 cm jarak dari permukaan tanah. Avifauna yang tertangkap dalam mistnet kemudian diekstraksi, diidentifikasi, didokumentasikan kemudian dilepaskan kembali di sekitar lokasi dimana jenis tersebut tertangkap.

Spotlighting dilakukan untuk menginventarisasi jenis-jenis avifauna serta mammalia nocturnal. Pengamatan

dilakukan bersamaan dengan pengamatan herpetofauna.

Analisa Data Fauna Terrestrial. Untuk mengetahui nilai indeks keanekaan, kesamaan dan kelimpahan jenis fauna terrestrial (khususnya avifauna) dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus *Shannon-Wiener* (dalam Odum, 1993):

Indeks Keanekaan Jenis:

$$H' = \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

Keterangan: H' adalah Indeks Keanekaan Shannon – Wiener, Ni adalah Jumlah individu setiap jenis burung, N adalah Jumlah individu seluruh jenis burung.

Indeks Kesamaan Jenis. Untuk mengetahui nilai kesamaan jenis burung pada setiap lokasi digunakan penghitungan indeks kesamaan jenis dengan **Persamaan 4** menurut rumus dari *Sorenson* (1948 dalam *Odum 1995*), yaitu:

$$S = 2C/(A+B)$$

Keterangan: S adalah Indeks kesamaan, A adalah Jumlah jenis yang terdapat pada komunitas A; B adalah Jumlah jenis yang terdapat pada komunitas B; C adalah Jumlah jenis yang terdapat pada kedua komunitas.

Kelimpahan Jenis. Untuk mengetahui kelimpahan relatif dihitung dengan **Persamaan 5** sebagai berikut:

$$KR = \frac{KM \text{ suatu jenis}}{KM \text{ seluruh jenis}} \times 100\% ; \text{ dimana}$$

$$KM = \frac{n_i}{N}$$

Keterangan: KM adalah Kelimpahan Mutlak, ni adalah jumlah individu jenis ke-I, dan N adalah jumlah total individu dalam komunitas.

Nilai KR setiap jenis burung dapat menyatakan perbandingan dominansi suatu jenis burung terhadap jenis burung lainnya. Dominansi jenis burung selanjutnya diklasifikasikan menjadi tiga kelompok mengikuti pengelompokkan oleh *Jorgensen* (1974), yaitu tidak dominan (KR 0% – 2%), sub dominan (KR 2% – 5%) dan dominan (KR >5%).

Frekuensi Relatif. Frekuensi relatif setiap jenis Burung dihitung dengan rumus :

$$FR = \frac{FM}{\sum FM}; \text{ dimana } FM = \frac{F}{N} \text{ Persamaan}$$

6

Keterangan: *FR* = Frekuensi Relatif, *FM* = frekuensi jenis ke-*i*; *F* = jumlah jenis ke-*i*; *N* = jumlah total jenis

Analisis data juga dilakukan untuk mengetahui keberadaan jenis-jenis satwa liar baik yang bersifat ekonomis, endemis, langka, maupun dilindungi berdasarkan peraturan dan perundang-undangan di Indonesia, dan peraturan/konvensi internasional seperti *CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna)* (2010), serta berdasarkan *Redlist IUCN (International Union Conservation Nature)* (2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3 Indeks Nilai Penting (INP) dan Indeks Keanekaragaman *Shannon-Wiener* (H') per Kategori di Transek HKTs

No	Nama Daerah	Nama Latin	Famili	FR	KR	DR	INP
<i>Pohon (20x20)</i> $H' = 1,86$							
1	Akasia	<i>Acacia auriculiformis</i>	Fabaceae	40,35	58,88	63,12	162,35
2	Akasia	<i>Acacia mangium</i>	Fabaceae	10,53	11,21	10,79	32,53
3	Puspa	<i>Schima walichii</i>	Theaceae	7,02	5,61	5,72	18,34
<i>Tiang (10x10)</i> $H' = 2,49$							
1	Akasia	<i>Acacia auriculiformis</i>	Fabaceae	18	29,67	32,83	80,50
2	Akasia	<i>Acacia mangium</i>	Fabaceae	13	16,27	16,31	45,58
3	Medang	<i>Litsea firma</i>	Lauraceae	12	10,53	11,14	33,67
<i>Pancang (5x5)</i> $H' = 3,02$							
1	Sempur	<i>Dillenia suffruticosa</i>	Dilleniaceae	8,37	14,98	20,93	44,29
2	Karang munting	<i>Rhodomyrtus tomentosa</i>	Melastomataceae	4,93	9,92	9,67	24,52
3	Mahang	<i>Macaranga hypoleuca</i>	Euphorbiaceae	11,33	14,57	12,15	38,05
<i>Semai (2x2)</i> $H' = 3,04$							
1	Karang munting	<i>Rhodomyrtus tomentosa</i>	Melastomataceae	3,75	12,63	9,17	25,56
2	Ipis kulit	<i>Memecylon durum</i>	Melastomataceae	4,58	15,56	5,94	26,08
3	Sempur	<i>Dillenia sufruticosa</i>	Dilleniaceae	6,67	18,34	20,32	45,33

Sumber : Data primer hasil pengamatan di Hutan Kota Balikpapan, 2014

Keterangan: *FR* (frekuensi) = Kehadiran spesies dalam tiap plot pengamatan
KR (kerapatan) = Banyaknya individu dalam plot pengamatan
DR (Dominansi) = Besarnya individu (tutupan) dalam plot pengamatan
INP (Indeks Nilai Penting) = Dominasi spesies terhadap spesies lainnya

Nilai Indeks *Shannon-Wiener* berturut-turut 3,04 untuk kategori semai; 3,02 untuk kategori pancang; 3,02 untuk kategori tiang, serta 1,86 untuk kategori

1.1 Flora Terrestrial

Secara kualitatif terdapat 133 jenis tumbuhan di lokasi penelitian, dimana di dalam plot pengamatan terdiri dari 35 jenis semai, 36 jenis pancang, 25 jenis tiang, serta 18 jenis pohon. Secara keseluruhan jumlah jenis vegetasi di HKTs tercatat pohon 86 jenis, perdu 10 jenis, herba 25 jenis, liana 5 jenis, epifit 2 jenis, paku 6 jenis dan tumbuhan parasit 0 jenis yang keseluruhannya berasal dari 61 famili. Banyaknya jenis pohon yang tercatat terutama diperoleh dari hasil penanaman jenis-jenis tanaman khas Kalimantan pada beberapa tahun sebelumnya. Indeks Nilai Penting per Kategori tumbuhan dengan tiga nilai INP terbesar untuk masing-masing kategori diperlihatkan pada **Tabel 1**.

pohon. Artinya secara umum keadaan flora di HKTs memiliki tingkat keanekaragaman vegetasi sedang ($H' = 1 - 3$) untuk kategori pohon dan tiang serta

tingkat keanekaragaman yang tinggi ($H' > 3$) untuk kategori pancang dan semai. Pola keanekaragaman pada masing-masing kategori memperlihatkan pola sebagai berikut: semai > tingkat pancang > tiang > pohon. Karena tidak mengikuti pola yang seharusnya (Resosoedarmo P., *et al*, 1992), maka dapat dikatakan bahwa HKTs sedang mengalami suksesi dalam hutan sekunder.

Status Konservasi: Berdasarkan status konservasinya, dari 133 jenis tumbuhan

yang teridentifikasi di Hutan Kota Balikpapan, tercatat 11 jenis tumbuhan termasuk ke dalam daftar tumbuhan yang dilindungi menurut *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) yang dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Selain status konservasi berdasarkan IUCN, terdapat pula 14 jenis tumbuhan yang masuk dalam status konservasi berdasarkan SK Menteri Pertanian, SK/54/Pertanian/1972 yang dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 4 Status Konservasi Jenis Vegetasi di Hutan Kota Balikpapan

No	Nama		Famili	IUCN
	Lokal	Latin		
1	Kapur	<i>Dryobalanops aromatica</i>	Dipterocarpaceae	Critical Endangered
2	Meranti	<i>Dipterocarpus cornutus</i>	Dipterocarpaceae	Critical Endangered
3	Merawan	<i>Hopea rudiformis</i>	Dipterocarpaceae	Critical Endangered
4	Meranti bunga	<i>Shorea leprosula</i>	Dipterocarpaceae	Endangered
5	Bakau	<i>Rhizophora apiculata</i>	Rhizophoraceae	Least concern
6	Damar	<i>Araucaria cunninghamii</i>	Araucariaceae	Least concern
7	Jelutung	<i>Dyera costulata</i>	Apocynaceae	Lower risk
8	Pulai	<i>Alstonia scholaris</i>	Euphorbiaceae	Lower risk
9	Kempas	<i>Koompassia excelsa</i>	Fabaceae	Lower risk
10	Bulian	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	Lauraceae	Vulnerable
11	Eboni bergaris	<i>Diospyros celebica</i>	Ebenaceae	Vulnerable

Sumber: Data primer hasil pengamatan di Hutan Kota Balikpapan, 2014

Tabel 5 Status Konservasi Jenis Vegetasi berdasarkan SK/54/Pertanian/1972 di Hutan Kota Balikpapan

No	Nama		Famili	Status
	Lokal	Latin		
1	Jambu monyet	<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardiaceae	Dilindungi (DBH > 30 cm)
2	Buta-but	<i>Exoecaria agallocha</i>	Euphorbiaceae	Dilindungi (DBH > 25 cm)
3	Bulian	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	Lauraceae	Dilindungi (DBH > 60 cm)
4	Jelutung	<i>Dyera costulata</i>	Apocynaceae	Dilindungi (DBH > 60 cm),
5	Kapur	<i>Dryobalanops aromatica</i>	Dipterocarpaceae	Dilindungi (DBH > 60 cm)
6	Medang	<i>Cinnamomum cuspidatum</i>	Lauraceae	Dilindungi (DBH > 25 cm)
7	Sintok	<i>Cinnamomum inners</i>	Lauraceae	Dilindungi (DBH > 25 cm)
8	Medang	<i>Cinnamomum sp.</i>	Lauraceae	Dilindungi (DBH > 25 cm)
9	Eboni bergaris	<i>Diospyros celebica</i>	Ebenaceae	Dilindungi (DBH > 40 cm)
10	Meribu	<i>Diospyros buxifolia</i>	Ebenaceae	Dilindungi (DBH > 40 cm)
11	Sawo duren	<i>Manilkara kauki</i>	Sapotaceae	Dilindungi (DBH > 45 cm)
12	Kemiri	<i>Aleurites molucana</i>	Euphorbiaceae	Dilindungi (DBH > 50 cm)
13	Keruing	<i>Dipterocarpus confertus</i>	Dipterocarpaceae	Dilindungi (DBH > 50 cm)
14	Keruing	<i>Dipterocarpus cornutus</i>	Dipterocarpaceae	Dilindungi (DBH > 50 cm)

Sumber: Data primer hasil pengamatan di Hutan Kota Balikpapan, 2014

1.1.1 Fungsi dan Kegunaan

Berdasarkan hasil studi flora di HKTs diketahui bahwa terdapat jenis-jenis tumbuhan yang dapat dikelompokkan berdasarkan kegunaannya, seperti :

- Bidang Bangunan: Ulin (*Eusideroxylon zwageri*), Eboni (*Diospyros celebica*),

Kapur (*Dryobalanops aromatica*), Kempas (*Koompassia excelsa*), Merawan(*Hopea rudiformis*), Meranti bunga (*Shorea leprosula*), Keruing (*Dipterocarpus cornutus*)

- Bidang Industri: Akasia (*Acacia auriculiformis*), Akasia (*Acacia*)

- mangium*), Pinus (*Pinus merkusii*)
- Bidang Pangan: Rambutan (*Nephelium lappaceum*), Nangka (*Artocarpus integrata*), Jambu monyet (*Anacardium occidentale*), Sukun (*Artocarpus altilis*)
 - Bidang Farmasi: Akar Wangi (*Polygala paniculata*)

1.2 Fauna Terrestrial

1.2.1 Avifauna

Jumlah total jenis avifauna yang tercatat di lokasi HKTs Balikpapan tercatat sebanyak 35 jenis. Penghitungan nilai indeks keanekaan *Shannon-Wieners* (H') menunjukkan nilai yang cukup besar yaitu sebesar 2,762, nilai ini cukup besar dan mengindikasikan bahwa populasi avifauna di lokasi HKTs Balikpapan cukup besar dan tersebar secara merata, nilai ini juga menunjukkan bahwa lokasi HKTs Balikpapan mempunyai kualitas yang baik bagi habitat avifauna.

Berdasarkan nilai kelimpahannya terdapat sebanyak tujuh jenis avifauna

yang termasuk jenis dominan karena nilai kelimpahannya yang paling tinggi yaitu Cucak Kutilang (*Pycnonotus aurigaster* Jardine & Selby, 1837) dengan nilai KR sebesar 19,403%, Kacamata Biasa (*Zosterops palpebrosus* Temminck, 1824) dengan nilai KR sebesar 18,657%, Remetuk Laut (*Gerygone sulphurea* Wallace, 1864) dengan nilai KR sebesar 8,209, Cinenen Kelabu (*Orthotomus ruficeps* Lesson, 1830) dengan nilai KR sebesar 5,970%, Burung gereja Erasia (*Passer montanus* Linnaeus, 1758) dengan nilai KR sebesar 5,970%, Ciungair Coreng (*Macronous gularis* Horsfield, 1822) dengan nilai KR sebesar 5,224% dan Perling Kumbang (*Aplonis panayensis* Scopoli, 1786) dengan nilai KR sebesar 5,224% seperti terlihat pada **Tabel 4**. Sebanyak empat jenis termasuk jenis sub dominan dan sisanya yang paling banyak yaitu sebanyak 19 jenis termasuk jenis yang tidak dominan.

Tabel 6 Jenis Avifauna Dominan di Hutan Kota Balikpapan

No	Nama Jenis	Nama Ilmiah	KM	KR	FM	FR
1	Cucak Kutilang	<i>Pycnonotus aurigaster</i> (Jardine & Selby, 1837)	26	19,40	8	12,12
2	Kacamata Biasa	<i>Zosterops palpebrosus</i> (Temminck, 1824)	25	18,65	5	7,57
3	Remetuk Laut	<i>Gerygone sulphurea</i> Wallace, 1864	11	8,20	6	9,09
4	Cinenen Kelabu	<i>Orthotomus ruficeps</i> (Lesson, 1830)	8	5,97	8	12,12
5	Burung Gereja Erasia	<i>Passer montanus</i> (Linnaeus, 1758)	8	5,97	4	6,06
6	Ciungair Coreng	<i>Macronous gularis</i> (Horsfield, 1822)	7	5,22	3	4,54
7	Perling Kumbang	<i>Aplonis panayensis</i> (Scopoli, 1786)	7	5,22	1	1,51

Sumber : Data primer hasil pengamatan di Hutan Kota Balikpapan, 2014

Tabel 4 menunjukkan jenis avifauna dominan yang berjumlah tujuh jenis jauh lebih sedikit daripada jenis avifauna yang tidak dominan yang berjumlah 19 jenis, hal ini sesuai dengan pernyataan Odum (1998) yang menyatakan bahwa jumlah jenis yang mempunyai nilai kelimpahan relatif (KR) besar biasanya ditemukan dalam jumlah yang sedikit sedangkan jenis yang mempunyai nilai kelimpahan relatif (KR) kecil biasanya ditemukan dalam jumlah banyak. Adanya jenis-jenis yang dominan terhadap jenis-jenis lainnya menunjukkan bahwa jenis-jenis tersebut relatif lebih adaptif terhadap kondisi

lingkungan sekitarnya. Jenis-jenis dominan ini mengendalikan ruang dan arus energi yang kuat dan mempengaruhi lingkungan jenis-jenis lainnya.

Status Konservasi: Dari Total 35 jenis avifauna yang tercatat di lokasi HKTs Balikpapan terdapat sebanyak 7 jenis yang mempunyai nilai penting karena status perlindungannya, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6. Dari jumlah tersebut terdapat sebanyak 3 jenis avifauna yang dilindungi oleh perundang-undangan Republik Indonesia, satu jenis merupakan jenis endemik Pulau Jawa dan menjadi avifauna feral (lepasan) di Pulau

Kalimantan, menurut kriteria IUCN terdapat sebanyak tiga jenis yang termasuk kriteria *Near Threatened* yang artinya mendekati terancam punah. Sedangkan menurut kriteria CITES (2010) terdapat dua jenis yang masuk dalam apendiks II CITES, yang artinya jenis-jenis avifauna

tersebut dianggap langka, tetapi masih dapat dimanfaatkan secara terbatas, antara lain melalui sistem penjatahan (kuota) dan pengawasan. Dalam kategori ini otoritas keilmuan dan otoritas manajemen berperan besar dalam proses perizinan.

Tabel 7 Status Konservasi Avifauna di Hutan Kota Telaga Sari Balikpapan

No	Nama Jenis	Nama Ilmiah	IUCN	CITES	UU RI	ENDEMISITAS
1	Elang Bondol	<i>Haliastur indus</i>	LC	II	√	
2	Celepuk Merah	<i>Otus rufescens</i>	NT	II		
3	Cekakak Sungai	<i>Halcyon chloris</i>	LC		√	
4	Takur Warna-warni	<i>Megalaima mystacophanos</i>	NT			
5	Tepus Tunggir-merah	<i>Stachyris maculata</i>	NT			
6	Burungmadu Sriganti	<i>Cinnyris jugularis</i>	LC		√	
7	Bondol Jawa	<i>Lonchura leucogastroides</i>	LC			F
			3NT	2	3	1F

Sumber: Data primer hasil pengamatan di Hutan Kota Balikpapan, 2014

Keterangan: NT = Near Threatened, yaitu jenis-jenis rentan akan kepunahan; LC = Least Concern, yaitu jenis-jenis yang rendah resiko kepunahannya; APP II = Apendiks II: Kategori ini memuat jenis-jenis avifauna yang dianggap langka, tetapi masih dapat dimanfaatkan secara terbatas, antara lain melalui sistem penjatahan (kuota) dan pengawasan. Dalam kategori ini otoritas keilmuan dan otoritas manajemen berperan besar dalam proses perizinan; UU RI = UU No. 5 tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistemnya; F = Feral

1.2.2 Mamalia

Berdasarkan hasil perhitungan keanekaragaman mamalia di lokasi

pengamatan HKTs Balikpapan dapat dilihat di dalam **Tabel 6**.

Tabel 8 Nilai Indeks keanekaragaman dan nilai kelimpahan relatif mamalia di HKTs

No.	Nama Lokal	Nama Inggris	Nama Ilmiah	KM	KR	H'
1	Bajing kelapa	<i>Palmsquirrel</i>	<i>Callosciurus notatus</i>	2	9,52	0,22
2	Bajing-kerdil telinga-hitam	<i>Black-dwarfsquirrelears</i>	<i>Exilisciurus exilis</i>	1	4,76	0,14
3	Celurut rumah	<i>Shrewshome</i>	<i>Suncus murinus L</i>	3	14,29	0,28
4	Celurut Kalimantan	<i>ShrewsKalimantan</i>	<i>Crocidura foetida</i>	1	4,76	0,14
5	Kelelawar	<i>Bat</i>	<i>Megaerops spp</i>	11	52,38	0,34
6	Kelelawar pisang kecil	<i>Bananabatminor</i>	<i>Macroglossus minimus</i>	2	9,52	0,22
7	Musang belang	<i>Striped weasel</i>	<i>Hemigalus derbyanus</i>	1	4,76	0,14
Jumlah total				21	100,00	1,50

Sumber: Data primer hasil pengamatan di Hutan Kota Balikpapan, 2014

Keterangan: H' = Nilai Indeks Keanekaragaman, KM = Kelimpahan Mutlak, KR = Kelimpahan Relatif

Berdasarkan hasil pengamatan di HKTs jumlah jenis/ spesies mamalia yang di dapatkan yaitu sebanyak 7 spesies dan 21 individu. Kelelawar (*Megaerops spp*) memiliki nilai kelimpahan relatif paling tinggi yaitu sebesar 52,38 % yang berarti

jenis mamalia ini memiliki kemampuan hidup yang sangat tinggi di bandingkan jenis mamalia yang lainnya. Hal ini dikarenakan HKTs memiliki tipe vegetasi yang cukup rapat dan pohon yang besar dan pohon yang menghasilkan buah seperti

pohon dari keluarga *moraceae* (*Ficus benjamina*). Sebenarnya jumlah pohon ini relatif masih sedikit, tetapi mendukung keberlanjutan hidup kelelawar di HKTs Balikpapan. Jenis mamalia yang memiliki nilai Kelimpahan relatif paling rendah adalah jenis musang belang (*Hemigalus derbyanus*), Celurut (*Crocidura foetida*), Bajing kerdil telinga hitam (*Exilisciurus exilis*) yaitu masing – masing sebesar 4,76 artinya jenis satwa ini memiliki kemampuan nilai ekologis yang sangat rendah dibandingkan dengan satwa lainnya. Hal ini dikarenakan HKTs Balikpapan memiliki tipe vegetasi yang tidak begitu beragam dan di dominasi oleh Akasia sehingga jenis satwa ini tidak begitu nyaman atau susah untuk mencari makan seperti buah atau serangga sehingga kemampuan untuk hidup satwa tersebut sangat rendah, walaupun vegetasi di Hutan Kota Talagasari Besar dan rapat.

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan Shannon – Wiener, jenis mamalia di Hutan ini mempunyai nilai Indeks keanekaragaman jenis sebesar 1,50 artinya keanekaragaman sedang, penyebaran jumlah individu tiap spesies sedang dan kestabilan komunitas sedang.

Status Konservasi: Berdasarkan hasil pengamatan status mamalia di Hutan kota kebanyakan berstatus LC antara lain jenis Tupai Kelapa (*Callosciurus notatus*), Celurut rumah (*Suncus murinus*), Curut kalimantan (*Crocidura foetida*), Tupai kerdil (*Exilisciurus exilis*), Kelalawar (*Megaerops spp*), Kelalawar Pisang kecil, dan di status LC ada Jenis satwa yang endemik kalimantan yaitu Curut kalimantan (*Crocidura foetida*) dan Tupai kerdil (*Exilisciurus exilis*). Dan yang berstatus VU (jenis-jenis rentan akan kepunahan) adalah musang Belang (*Hemigalus derbyanus*).

Tabel 9 Status Konservasi Mamalia Di HKTs

No	Nama Lokal	Nama Inggris	Nama Ilmiah	Status konservasi	Endemik	CITES	UU RI
1	Tupai Kelapa	<i>Palmsquirrel</i>	<i>Callosciurus notatus</i>	LC			
2	Tupai kerdil	<i>Black-dwarfsquirrelrears</i>	<i>Exilisciurus exilis</i>	LC	√		
3	Celurut rumah	<i>Shrewshome</i>	<i>Suncus murinus L</i>	LC			
4	Curut kalimantan	<i>ShrewsKalimantan</i>	<i>Crocidura foetida</i>	LC	√		
5	Kelalawar	<i>Bat</i>	<i>Megaerops spp</i>	LC			
6	Kelalawar	<i>Banana batminor</i>	<i>Macroglossus minimus</i>	LC			
7	Musang Belang	<i>Striped weasel</i>	<i>Hemigalus derbyanus</i>	VU		APP II	

Sumber: Data primer hasil pengamatan di Hutan Kota Balikpapan, 2014

Keterangan: VU = Vulnerable, yaitu jenis-jenis rentan akan kepunahan, LC = Least Concern, yaitu jenis-jenis yang rendah resiko kepunahannya; APP II = Apendiks II: Kategori ini memuat jenis-jenis avifauna yang dianggap langka, tetapi masih dapat dimanfaatkan secara terbatas, antara lain melalui sistem penjatahan (kuota) dan pengawasan. Dalam kategori ini otoritas keilmuan dan otoritas manajemen berperan besar dalam proses perizinan; UU RI = UU No. 5 tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistemnya

1.3 Implikasi dalam Upaya Perlindungan Lingkungan

Secara strategis, upaya perlindungan keanekaragaman hayati harus menunjukkan kebijakan yang fokus, struktur dan tanggungjawab yang jelas, perencanaan yang mendetil, pelaporan yang lengkap, dan implementasi program yang terukur dan berdampak positif. Dalam aspek laporan, perusahaan harus memiliki: (1) sistem informasi yang dapat mengumpulkan dan mengevaluasi status

dan kecenderungan sumber daya keanekaragaman hayati dan sumber daya biologis yang dikelola, memiliki (2) data tentang status dan kecenderungan sumber daya keanekaragaman hayati dan sumber daya biologis, dan memiliki (3) publikasi yang disampaikan kepada publik atau instansi pemerintah yang relevan tentang status dan kecenderungan sumber daya keanekaragaman hayati dan sumber daya biologis yang dikelola paling sedikit selama 2 tahun terakhir

Tabel 10 Tiga Aspek Utama Rekomendasi Renstra HKTs

A. Konservasi insitu ataupun eksitu dalam rangka upaya perlindungan keanekaragaman hayati yang berkelanjutan :	
1.	Mempertahankan dan melanjutkan program penanaman jenis-jenis pohon khas kalimantan dengan melakukan penambahan jenis tanaman khas yang belum terdapat didalam kawasan
2.	Membuat koridor hijau dengan penanaman pohon yang mempunyai peranan penting, baik dari nilai estetika maupun dalam penyerapan karbon.
3.	Meningkatkan fungsi hutan dalam upaya pelestarian avifauna
B. Kontribusi yang signifikan terhadap <i>community development</i> :	
1.	Meningkatkan produktivitas hutan kota sebagai lahan <i>nursery</i> tanaman-tanaman yang bermanfaat bagi masyarakat sekitarnya
C. Pengembangan lokasi perlindungan Kehati yang berfungsi sebagai media penelitian, penyebaran informasi & pengetahuan bagi stakeholders' terkait.	
1.	<i>Landscaping</i> Hutan Kota Balikpapan
2.	Penamaan jenis tumbuhan yang khas dan memiliki fungsi penting bagi kehidupan baik manusia maupun layanan ekosistem
3.	Memperbaiki Taman kota Talagasari dengan seksama dan jadikan tempat Pendidikan Lingkungan Hidup dengan konsep Ekosistem Pedesaan serta pengkavlingan blok-blok tanaman

Sumber: LAPI ITB, 2014.

Tabel 11 Usulan Program Konservasi HKTs Kota Balikpapan

No.	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Tahun ke-3	Tahun ke-4	Tahun ke-5
1	<i>Landscaping</i> (Pembuatan <i>Information center</i> - Rumah Betang Kalimantan, pembuatan <i>Check Dam</i> , <i>mapping board</i> , zonasi tanaman, <i>flora board</i> , <i>fauna board</i> , <i>camping ground</i> , <i>out bond area</i> , <i>playing ground</i> , <i>jogging track</i> , menara pemantau, tempat duduk, dan pembuatan pagar)	Penanaman dan perawatan pohon khas Kalimantan (endemik) : Meranti, dsb	Monitoring dan perawatan	Monitoring dan perawatan	Monitoring dan perawatan
2		Pembuatan <i>bird nesting boxes</i> (kandang buatan untuk burung dan <i>bird feeder</i> (tempat makan dan makanannya,	Penanaman jenis-jenis pohon Beringin, Salam, pohon Randu alas, jenis Dadap, pohon Kupu-kupu, Kaliandra	Penanaman Pohon Sengon, Gamal, Kenanga, dan Kembang Kecrutan	Tanaman penyedia material sarang : aren, cemara , rumput, palem, Asem, Tanjung
3		Menanam tanaman untuk penyerap karbon : trembesi, glodogan tiang, angkana, Damar	Monitoring dan perawatan	Monitoring dan perawatan	Monitoring dan perawatan
4		Menanam tanaman penyerap/penahan air : bambu	Monitoring dan perawatan	Monitoring dan perawatan	Monitoring dan perawatan
5		Tanaman untuk PLH: Menanam pohon buah buahan : jambu, mangga, tanaman herbal, tanaman hias, kebun organik, kebun jamur	<i>Nursery</i> tanaman-tanaman hias seperti : jenis-jenis Anggrek, jenis-jenis Puring. <i>Nursery</i> tanaman buah : cerry, mangga, nangka	Pelibatan masyarakat di dalam pelestarian tanaman baik di dalam maupun luar HK	
6		Penamaan jenis pohon	Pembuatan biopori		

Sumber: LAPI ITB, 2014.

(Lampiran V Permenlh No.3 Tahun 2014 dan *Sekretariat PROPER, 2012*). Data status yang dimaksud bukanlah mengenai jumlah individu (flora dan fauna), melainkan status keanekaragaman hayati. Inventarisasi status keanekaragaman hayati di HKTs merupakan *baseline* agar dalam tahun berikutnya dapat dilakukan evaluasi status dan kecenderungan sumber daya biologis dan kehati yang dikelola.

Pengembangan Hutan Kota Balikpapan

Saat ini sudah terdapat fasilitas penunjang yang terdapat di HKTs ialah *gazebo*, *jogging track*, rumah pembibitan, pintu pagar. Dengan adanya fasilitas penunjang tersebut, HKTs diharapkan dapat lebih memberi kenyamanan dan keselamatan bagi pengunjung hutan kota, sekaligus memberi warna baru sebagai Hutan Wisata. Program Rehabilitasi HKTs yang telah dilakukan secara intensif sejak tahun 2007 dengan menanam pohon khas Kalimantan dapat tumbuh dengan baik dengan dijumpainya jenis-jenis *dipterocarpaceae* yang saat ini tumbuh dan mencapai diameter 11 cm dengan tinggi hingga 5 meter, dan masuk dalam kategori Tiang. HKTs Balikpapan memerlukan penataan lebih lanjut agar dapat meningkatkan perannya, baik sebagai paru-paru kota, maupun area untuk meningkatkan pengetahuan maupun pemberdayaan masyarakat sekitar. Rekomendasi rencana strategis (Renstra) terhadap Hutan Kota Telagasari selama 5 (lima) tahun dipaparkan **pada Tabel 8 dan Tabel 9:**

Implementasi tiap program upaya perlindungan kehati harus dapat diukur pencapaian/peningkatannya. Data dan informasi awal status kehati di HKTs pada tahun 2014 ini harus diperbarui minimal setiap 2 tahun sebagai poin evaluasi serta indikator keberhasilan tiap program yang telah dilaksanakan.

KESIMPULAN

Inventarisasi status keanekaragaman hayati merupakan langkah awal dan utama dalam

upaya perlindungan keanekaragaman hayati dalam penilaian PROPER. Data dan informasi mengenai status ini menjadi dasar dalam penetapan kebijakan, perencanaan dan implementasi program perlindungan keanekaragaman hayati pada masa yang akan datang. **Status keanekaragaman hayati dan status konservasi** di HKTs Balikpapan dijadikan sebagai *baseline* data status dan kecenderungan yang akan diukur sebagai parameter keberhasilan implementasi program perlindungan kehati di HKTs, Kota Balikpapan, dan harus dievaluasi paling lambat 2 tahun sekali sesuai dengan aturan dalam penilaian PROPER. Usulan Renstra dan Program dalam 5 tahun ke depan untuk HKTs ini kiranya dapat memberikan dampak positif dalam upaya perlindungan kehati di HKTs, Kota Balikpapan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PT. Chevron Makassar Ltd (CML), Tim Proper CML dan Tim *Biodiversity* LAPI ITB bersama *Barti Setiani Muntalif, Ph.D* untuk dukungan utama penyelesaian Studi Keanekaragaman Hayati di Hutan Kota Balikpapan.

DAFTAR PUSTAKA

- CITES. 2010. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora: Appendices I, II and III. Online database at <http://www.cites.org>.
- IUCN. 2014. *IUCN Red List of Threatened Species*. Online database at <http://www.iucnredlist.org>
- Jorgensen OH. 1974. *Result of IPA-Censuses on Danish Farmland*. Acta Ornithol 14: 310-321.
- Lampiran II, IV, dan V Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2014.
- Odum, E.P., 1993. *Dasar-dasar Ekologi*. Universitas Gadjah Mada Press, Yogyakarta.
- Payne, Francis, Phillips, dan Kartikasari. 2000. *Panduan Lapangan Mamalia Di Kalimantan, Sabah, Sarawak Dan Brunei Darussalam*.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2014 tentang Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup.

- Sekretariat PROPER, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2015. *PUBLIKASI PROGRAM PENILAIAN PERINGKAT KINERJA PERUSAHAAN DALAM PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP 2015*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
- Sekretariat PROPER. 2012. *The Gold for Green: Bagaimana Penghargaan PROPER Emas Mendorong Lima Perusahaan Mencapai Inovasi, Penciptaan Nilai dan Keunggulan Lingkungan*. Kementerian Lingkungan Hidup
- Resosoedarmo R.S., K. Kartawinata, A. Soegianto. 1992. *Pengantar Ekologi*. PT.Remaja Rosdakarya. Bandung.
- UNEP-WCMC., 2005. *UNEP-WCMC Species Database: CITES-Listed Species*. http://sea.unep-wcmc.org/isdb/CITES/Taxonomy/country_list2.cfm. 26 Maret 2006.
- LAPI ITB, 2014. *Laporan Akhir Studi Keanekaragaman Hayati Hutan Kota Balikpapan*.

DAYA DUKUNG LINGKUNGAN HIDUP DAS CILIWUNG HULU DI KABUPATEN BOGOR

(The Environmental Carrying Capacity of Ciliwung Upstream Watershed in Bogor District)

Hengky Wijaya¹, Omo Rusdiana², Suria Darma Tarigan³
Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan
Institut Pertanian Bogor

Kampus IPB Baranangsiang, J. Raya Pajajaran, Bogor 16144

¹ hengky_120@yahoo.com, ² orusdiana@gmail.com, ³ suriatarigan2014@gmail.com

Abstrak : DAS Ciliwung Hulu merupakan salah satu DAS yang berada dalam kondisi kritis dan perlu penanganan yang serius. Hal ini ditengarai sebagai akibat dari perubahan penggunaan lahan yang berdampak pada penurunan daya dukung lingkungan. Metode untuk menghitung daya dukung lingkungan menggunakan metode sesuai dengan Permen LH Nomor 17 tahun 2009. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui neraca ketersediaan dan kebutuhan lahan untuk 20 tahun yang akan datang sesuai dengan alokasi lahan pertanian dan permukiman pada pola ruang RTRW Kabupaten Bogor. Penghitungan alokasi permukiman dilakukan dengan mengklasifikasi penduduk dalam dua kelas yaitu petani dan non petani. Kelompok petani selain membutuhkan lahan pertanian juga membutuhkan lahan permukiman sedangkan kelompok non petani hanya membutuhkan lahan permukiman. Dengan mengacu produktifitas pada setiap komoditi yang ada di DAS Ciliwung Hulu diketahui bahwa ketersediaan lahan pada tahun 2015 mengalami defisit seluas 35,539.79 ha dengan rumus LH dan jika didekati dengan kebutuhan hidup layak UMR akan defisit 3,248.50 ha. Apabila dilakukan efisiensi lahan dengan memasukkan teknologi baru dalam pertanian diprediksi bahwa alokasi lahan pertanian pada RTRW seluas 2.041 ha akan menghasilkan ketersediaan lahan seluas 112.162,69 ha. Ketersediaan lahan ini akan terus Surplus sampai dengan tahun ke 19 (2034) dan pada tahun ke 20 (2035) baru akan mengalami defisit seluas 3,969.42 ha.

Kata Kunci : DAS Ciliwung, , daya dukung, ketersediaan lahan, kebutuhan lahan

Abstract : The upstream Ciliwung watershed is one of the watersheds which in critically condition and need to be handled seriously. It was indicate that the environmental carrying capacity has been decreased by the land use changing. The method for the carrying capacity calculation was refer to the regulation issued by Ministry of Environment number 17 year 2009. The objective of the research was to made the projection of the demand and supply balance of the land for the next 20 years, which comply to the allocated agricultural and residential area of government land use planning policy in Bogor district. The calculation of the residential area allocation was set by the inhabitants classification in two groups which were the farmers and the non farmers. The farmer need area both of agricultural and residential, but the non farmer require the land for residential only. By considering to the productivity of every comoditi in the upstream Ciliwung watershed, it was calculated that the land availability in 2015 has deficit by 35,539.79 ha with environmental approach, but when approached by Minimum Regional Wages, the calculated deficit was 3,248.50 ha. It has been predicted by inputted the new technology for increasing the land efficiency of 2,041 ha agricultural land according the government land use planning. The result of the calculation was the availability of agricultural land will be increase reach 112.162,69 ha. The land availability will be surplus consistently until year 2034 (19 yers later) but will be starting deficit in year 2035 by 3,969.42 ha.

Key words : Ciliwung watershed, carrying capacity, , land availability, land demand

PENDAHULUAN

Bencana banjir dan longsor menunjukkan terdapat kawasan yang telah kehilangan fungsinya sebagai pelindung daerah di bawahnya, penyangga, daerah resapan air dan reservoir alami yang biasanya terdapat di wilayah Hulu suatu

DAS. Nugroho (2003) menjelaskan bencana alam banjir, kekeringan, dan tanah longsor merupakan salah satu eksek dari buruknya pengelolaan DAS di Indonesia. Kerusakan DAS terus berkembang dengan cepat. Jika pada tahun 1984 terdapat kerusakan pada 22 DAS kritis dan super

kritis, tahun 1992 meningkat menjadi 29 DAS, 1994 menjadi 39 DAS, 1998 menjadi 42 DAS, 2000 menjadi 58 DAS, dan 2002 60 DAS. Berdasarkan Renstra Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan periode 2015-2019 dinyatakan bahwa terdapat 108 DAS di Indonesia berada dalam kondisi kritis dan perlu penanganan yang serius (salah satunya adalah DAS Ciliwung).

Perubahan penggunaan lahan kemungkinan akan berdampak pada penurunan kualitas lingkungan antara lain penurunan karakter dan fungsi ekologis, menurunnya potensi sumber daya alam dan juga menurunnya kearifan lokal masyarakat terhadap sumber daya alam. Untuk mengukur besarnya penurunan kualitas lingkungan diperlukan adanya inventarisasi sumber daya alam. Pengukuran terhadap penurunan kualitas lingkungan hidup akan memberi gambaran seberapa besar lingkungan mampu mendukung kehidupan manusia, makhluk hidup lainnya dan keseimbangan diantara keduanya (daya dukung lingkungan). Pada saat ini regulasi yang tersedia untuk mengukur daya dukung lingkungan adalah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor P. 17 Tahun 2009. Sumberdaya yang diperhitungkan dalam regulasi ini masih pada sumberdaya lahan dan air.

Pendekatan penghitungan daya dukung lingkungan yang menghitung ketersediaan lahan dan air sebagaimana yang telah diatur pada Permen LH nomor 17 Tahun 2009 dipandang belum cukup memadai untuk menggambarkan daya dukung lingkungan. Dalam penelitian ini dicoba untuk melakukan penambahan variabel dalam menghitung daya dukung lingkungan yaitu Upah Minimum Regional (UMR). Diharapkan dari penelitian ini akan diketahui apakah alokasi pola ruang dalam RTRWK masih sesuai dengan daya dukung lingkungan.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui neraca ketersediaan dan

kebutuhan lahan pada saat ini dan prediksinya sampai dengan 20 tahun yang akan datang. Selain itu penelitian ini juga akan menguji ketersediaan lahan jika dilakukan dengan memasukkan teknologi baru dalam rangka efisiensi pemanfaatan lahan.

METODE PENELITIAN

Tempat, waktu dan Prosedur

Penelitian dilakukan di wilayah DAS Ciliwung Hulu Kabupaten Bogor. Batas luar dari wilayah penelitian mengacu pada batas administrasi kabupaten Peta Rupa Bumi Indonesia yang diterbitkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). Sedangkan batas DAS Ciliwung Hulu mengacu pada Peta DAS dari BPDAS Citarum Ciliwung. Waktu pelaksanaan penelitian adalah Bulan Maret sampai dengan Desember 2016.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : Hasil penafsiran Citra Landsat, Peta Citra Satelit Resolusi Sangat Tinggi, Peta DAS Ciliwung Hulu, Peta Pola ruang RTRW Kabupaten Bogor, data hasil penelitian mengenai nilai koefisien aliran pada berbagai penggunaan lahan di DAS Ciliwung Hulu, Data Kabupaten Bogor dalam angka, Data Kecamatan dalam angka, Data mengenai Upah Minimum Regional Kabupaten Bogor. Sedangkan alat yang digunakan antara lain, ATK, kamera, GPS Navigasi, Software Arc Gis 10.1, Software Microsoft Office 2013.

Prosedur

1. Perbandingan Ketersediaan dan Kebutuhan Lahan dan Air Berdasarkan Permen LH Nomor 17 Tahun 2009

A. Neraca Lahan

Ketersediaan lahan ditentukan berdasarkan data total produksi aktual setempat dari setiap komoditas di suatu wilayah, dengan menjumlahkan produk dari semua komoditas yang ada di wilayah tersebut. Untuk penjumlahan ini digunakan harga

sebagai faktor konversi karena setiap komoditas memiliki satuan yang beragam. Sementara itu, kebutuhan lahan dihitung berdasarkan kebutuhan hidup layak. Penghitungan dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Penghitungan Ketersediaan (*Supply*)

Lahan

Rumus :

$$S_L = \frac{\sum (P_i \times H_i)}{H_b} \times \frac{1}{Ptv_b}$$

Keterangan :

S_L =Ketersediaan lahan (ha)

P_i =Produksi Aktual tiap jenis

Komoditi

H_i =Harga satuan tiap jenis

komoditas (Rp/satuan) di tingkat produsen

H_b =Harga satuan beras (Rp/ Kg) di tingkat produsen

Ptv_b =Produktivitas beras (kg/ha)

2. Penghitungan Kebutuhan (Demand)

Lahan

Rumus :

$$D_L = N \times KHL_L$$

D_L =Total kebutuhan lahan setara beras (ha)

N = Jumlah Penduduk (orang)

KHL_L = Luas lahan yang dibutuhkan untuk kebutuhan hidup layak per penduduk (menghasilkan 1 ton beras)

3. Penentuan Status Daya Dukung Lahan

Status daya dukung lahan diperoleh dari perbandingan antara ketersediaan lahan (S_L) dan kebutuhan lahan (D_L).

Bila $S_L > D_L$, daya dukung lahan dinyatakan surplus

Bila $S_L < D_L$, daya dukung lahan dinyatakan defisit atau terlampaui.

B. Neraca Air

Penghitungan dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Penghitungan ketersediaan (*Supply*)

Air

Penghitungan dengan menggunakan Metode Koefisien Limpasan yang dimodifikasi dari metode rasional

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$C = \frac{\sum (c_i \times A_i)}{\sum A_i} \quad R = \sum R_i / m$$

$$S_A = 10 \times C \times R \times A$$

S_A = Ketersediaan air (m³/tahun)

C = Koefisien limpasan tertimbang

C_i = Koefisien limpasan penggunaan lahan i

A_i = Luas penggunaan lahan i (ha) dari data BPS atau Daerah Dalam Angka, atau dari data Pertanahan Nasional (BPN)

R = Rata-rata aljabar curah hujan tahunan wilayah (mm/tahunan) dari data BPS atau BMG atau dinas terkait setempat.

R_i = curah hujan tahunan pada stasiun i

m = jumlah satuan pengamatan curah hujan

A = luas wilayah (ha)

10 = faktor konversi dari mm.ha menjadi m³

2. Penghitungan kebutuhan (Demand)

Air

Rumus :

$$D_A = N \times KHL_A$$

D_A = Total kebutuhan air (m³/tahun)

N = Jumlah penduduk (orang)

KHL_A = Kebutuhan air untuk hidup layak = 1.600 m³ air/kapita/tahun = 2 x 800 m³ air/kapita/tahun, dimana : air untuk keperluan domestik dan untuk menghasilkan pangan . 2 merupakan faktor koreksi untuk memperhitungkan kebutuhan hidup layak yang mencakup kebutuhan pangan, domestik dan lainnya.

3. Penentuan status daya dukung air

Status daya dukung air diperoleh dari perbandingan antara ketersediaan air (S_A) dan kebutuhan air (D_A).

Bila $S_A > D_A$, daya dukung air dinyatakan surplus

Bila $S_A < D_A$, daya dukung air dinyatakan defisit atau terlampaui.

2. Perbandingan Ketersediaan dan Kebutuhan Lahan dengan memodifikasi Permen LH Nomor 17 Tahun 2009 dan pendekatan Upah Minimum Regional

Pada prinsipnya ketersediaan dan kebutuhan lahan dengan metode ini sama dengan penghitungan ketersediaan dan kebutuhan lahan sebagaimana dijelaskan pada Permen LH nomor 17 Tahun 2009. Modifikasi dilakukan pada kebutuhan hidup layak (KHL) yaitu kemampuan lahan untuk menghasilkan beras senilai UMR.

Kebutuhan lahan untuk permukiman sesuai dengan SNI 03-1733-2004 Tentang Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di perkotaan adalah 100 m^2 dengan 1 rumah dihuni oleh 4 orang. Rumus penghitungan adalah sebagai berikut :

$$D_{Lp} = \frac{N_p \times 100 \text{ m}^2}{4} \dots\dots 2$$

D_L = Total kebutuhan lahan (ha)

N_p = Jumlah Penduduk berprofesi petani (orang)

3. Proyeksi Daya Dukung Lahan untuk 20 Tahun yang Akan Datang

Untuk melakukan penghitungan daya dukung lahan diperlukan proyeksi jumlah penduduk berdasarkan data kependudukan saat ini. Jumlah penduduk pada 20 tahun yang akan datang diduga dengan rumus sebagai berikut :

$$P_n = P_0 (1 + r)^n$$

P_n = Penduduk pada tahun ke n (20)

P_0 = Penduduk pada tahun awal

1 = angka konstan

r = angka pertumbuhan penduduk (dalam persen)

n = jumlah rentang waktu dari awal hingga tahun ke n (20)

Selanjutnya ketersediaan dan kebutuhan lahan dapat dihitung seperti dijabarkan pada nomor 1 dan 2.

4. Upaya Meningkatkan Ketersediaan Lahan dengan Meningkatkan nilai produksi lahan

Peningkatan nilai produksi lahan harus dilakukan dengan memproduksi komoditi pertanian unggulan di suatu kecamatan/desa dan menggunakan teknologi dan perlakuan yang tepat. Komoditi yang dianggap sebagai andalan adalah komoditi yang memberikan nilai produksi terbesar berdasarkan data statistik Kecamatan dalam angka. Dalam penelitian ini untuk mengetahui produktifitas maksimal dari suatu komoditi didasarkan penelusuran jurnal, berita dan sumber-sumber lainnya. Setelah diketahui produktifitas dan nilai produksi pada masing-masing komoditi, kemudian nilai tengah/rata-rata nilai produksi dikalikan dengan ketersediaan lahan berdasarkan alokasi ruang pada RTRWK. Selain dikalikan berdasarkan alokasi ruang RTRW, untuk mengetahui ketersediaan lahan di DAS Ciliwung Hulu juga dikalikan dengan lahan eksisting yang saat ini digunakan sebagai lahan pertanian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. **Perbandingan Ketersediaan dan Kebutuhan Lahan dan Air Berdasarkan Permen LH Nomor 17 Tahun 2009**

Kebutuhan dan ketersediaan lahan dapat dihitung jika variable nilai produksi, harga beras dan produktivitas beras di suatu kawasan diketahui. Nilai produksi yang merupakan hasil perkalian antara jumlah produksi seluruh komoditi di DAS Ciliwung Hulu dengan harga per satuan komoditi di DAS Ciliwung Hulu sebesar Rp. 205.327.449.993,62. Diketahui dari

hasil verifikasi lapangan bahwa harga beras di tingkat petani adalah Rp. 8.700,- dan produktifitas beras rata-rata di DAS Ciliwung Hulu adalah 6.700 kg/ha. Menggunakan rumus dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun 2009 Tentang Pedoman Penentuan Daya Dukung Lingkungan Hidup dalam Penataan Ruang Wilayah maka ketersediaan lahan adalah 3.522,52 Ha sedangkan kebutuhan masyarakat terhadap lahan agar dapat hidup layak adalah 35.539,79 Ha. Dengan demikian terdapat **defisit** kebutuhan lahan sebesar 32.107,27 Ha. Ketersediaan lahan seluas 3.522,52 ha hanya mampu memenuhi kebutuhan hidup layak bagi 3.522,52 ha/0.14925 jiwa/ha = 23.600,86 jiwa atau 9.91 % dari jumlah penduduk di DAS

Ciliwung Hulu (238.117 jiwa). Proyeksi 20 tahun yang akan datang, jumlah penduduk di DAS Ciliwung Hulu adalah sebesar 880.610 jiwa yang berarti kebutuhan lahan untuk hidup layak adalah sebesar 131.434,27 ha. Dengan demikian status kebutuhan lahan di DAS Ciliwung Hulu agar dapat hidup layak adalah **defisit** seluas 127.911,75 Ha. Kebutuhan dan ketersediaan air di suatu kawasan dapat dihitung jika diketahui koefisien limpasan tertimbang, koefisien limpasan penggunaan lahan, luas penggunaan lahan dan rerata curah hujan dari stasiun meteorologi di kawasan tersebut. Nilai Koefisien tertimbang adalah sebesar 0,295321 dengan cara perhitungan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil penghitungan nilai koefisien limpasan tertimbang di DAS Ciliwung Hulu dari Hasil Penafsiran Citra Satelit Resolusi Sangat Tinggi (Spot 6)

No	Tutupan Lahan	Nilai Ci	Luas (Ha) (Ai)	Ci x Ai	Nilai C
1	Hutan	0.18	5,532.47	995.84	Ci x Ai / \sum Ai
2	Hutan Kecil	0.2	1,422.47	284.49	
3	Lahan Terbangun	0.7	2,066.13	1,446.29	
4	Lahan Terbuka	0.9	59.31	53.38	
5	Perkebunan	0.3	1,377.11	413.13	
6	Pertanian	0.3	2,518.80	755.64	
7	Sawah	0.3	566.75	170.03	
8	Semak Belukar	0.22	1,314.66	289.22	
9	Tubuh Air		68.56	-	
Grand Total			14,926.26	4,408.03	0.295321

Dari data curah hujan tahun 2015 diketahui bahwa jumlah curah hujan di stasiun Ciawi tercatat 2.658 mm/tahun, stasiun Gunung Mas sebesar 3.060 mm/th, Stasiun Citeko 2.536 mm/th dan bendungan Cibongas 2.731 mm/th. Dengan demikian rata-rata curah hujan tahun 2015 di DAS Ciliwung Hulu adalah 2.746,25 mm/tahun. Dengan variable-variabel di atas, maka diketahui bahwa ketersediaan air adalah sebesar 121.055.609,42 m³. Sedangkan kebutuhan air dengan asumsi jumlah kebutuhan hidup

layak air adalah 1.600 m³/tahun dan jumlah penduduk 238.117 jiwa adalah 380.986.499 m³/tahun. Dengan demikian berdasarkan metode ini terjadi **defisit** kebutuhan air pada tahun 2015 sebanyak 259.930.889,51 m³.

Hasil ini berbeda dengan penelitian Suprpto et al (2016) yang menyimpulkan Debit andalan Sungai Ciliwung ruas hulu Bendung Katulampa berkisar antara 0 m³/dt sampai 2,9 m³/dt dengan kebutuhan domestic sebesar 0.19 m³/dt. Pada tahun 2023 sungai Ciliwung ruas hulu Bendung

Katulampa akan memiliki debit yang berkisar antara 0 m³/dt sampai 2,88 m³/dt dengan kebutuhan domestik 0,37 m³/dt yang berarti debit Sungai Ciliwung masih mencukupi kebutuhan domestik.

Ketersediaan air dengan menggunakan rumus dari Permen LH 17 Tahun 2009 hanya memperhatikan air limpasan saja dan kurang memperhatikan air yang meresap ke dalam tanah. Hal ini terlihat pada penentuan nilai koefisien limpasan dimana pada penggunaan lahan terbuka justru nilainya besar dan sebaliknya pada areal hutan justru nilai limpasannya kecil. Mempertimbangkan hal tersebut, menjadi sulit pada saat akan diupayakan untuk meningkatkan ketersediaan air, karena saran yang dapat dilakukan adalah merubah penggunaan lahan yang berfungsi lindung menjadi lahan terbangun yang nilai koefisiennya mendekati 1. Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini tidak dilakukan prediksi kebutuhan air pada 20 tahun yang akan datang karena pasti **defisit** dan tidak mungkin disarankan untuk merubah penggunaan lahan dari hutan menjadi lahan terbangun untuk memenuhi ketersediaan air. Hal ini selaras dengan penelitian Sylviani (2013) yang menyatakan DI DAS Ciliwung Hulu terdapat wilayah yang mempunyai bahaya longsor tinggi seluas 4.590 ha dan kelas bahaya longsor tinggi seluas 35 ha. Kelas longsor yang berbahaya tinggi persebarannya lebih terkonsentrasi pada lereng-lereng atas (*upper slopes*) di bagian selatan.

2. Perbandingan Ketersediaan dan Kebutuhan Lahan dengan memodifikasi Permen LH Nomor 17 Tahun 2009 dan pendekatan Upah Minimum Regional

Penghitungan dengan pendekatan UMR dilakukan untuk menyetarakan nilai 1.000 kg beras/tahun yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dengan komponen-komponen hidup layak yang

ditetapkan dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 13 Tahun 2012 Tentang Komponen dan Pelaksanaan Tahapan Pencapaian Kebutuhan hidup layak. Mengacu hasil penelitian Ariani (2010) yang menyatakan konsumsi pangan dari beras yang dianjurkan adalah sebesar 275 gr/kapita/hari, namun masyarakat mengkonsumsi beras berlebihan, bahkan mencapai lebih dari 300 gr. Lebih jauh dipaparkan bahwa rata-rata konsumsi beras pada tahun 2005 sampai dengan tahun 2009 berturut-turut 288,30 ; 285,04; 274,03; 287,26; dan 280,06 gram/kapita/hari. Dengan demikian rata-rata konsumsi beras masyarakat per kapita dalam setahun (365 hari) adalah sebesar 103,27 kg. Berdasarkan hasil penelitian itu dapat dimaknai bahwa pemenuhan kebutuhan pangan hanya 103,27 sedangkan komponen lain dalam hidup layak seperti kebutuhan sandang, perumahan, pendidikan, kesehatan dan lain lain adalah setara dengan ± 896 kg beras. Dalam penelitian ini, dengan harga beras Rp. 8.700/kg maka uang sejumlah Rp. 31.860.000,00 (UMR Kabupaten Bogor adalah Rp. 2.655.00,-/bulan) akan didapatkan beras sebanyak 3.662,07 kg. Produktifitas lahan adalah 6.700 kg/ha sehingga untuk memperoleh beras sebanyak 3,662,07 diperlukan lahan seluas 0.55 ha. Dari data kependudukan sesuai dengan Kabupaten Bogor dalam angka Tahun 2015, diketahui bahwa jumlah penduduk yang bekerja di bidang pertanian adalah sebanyak 4,75 % dari penduduk, dan dengan demikian maka jumlah petani di DAS Ciliwung Hulu adalah sebanyak 11.298,90 jiwa. Berdasarkan data tersebut maka kebutuhan lahan pertanian bagi petani adalah seluas 6.175,72 ha dan kebutuhan permukiman (sesuai dengan SNI Nomor 03-1733-2004 tentang Tata Cara Perencanaan

Lingkungan Perumahan di Perkotaan (100 m^2) dan asumsi 1 rumah dihuni oleh 4 orang) adalah seluas 28.25 ha. Sedangkan masyarakat yang berprofesi bukan sebagai petani hanya membutuhkan lahan untuk perumahan seluas 567,04 ha. Dengan demikian kebutuhan lahan total masyarakat di DAS Ciliwung Hulu adalah seluas 6.771,02 Ha. Jika ketersediaan lahan adalah 3.522,52 ha maka kesimpulannya di DAS Ciliwung Hulu **defisit** seluas 3.248,50 Ha.

3. Proyeksi Daya Dukung Lahan untuk 20 Tahun yang Akan Datang

Proyeksi 20 tahun yang akan datang, jumlah penduduk di DAS Ciliwung Hulu adalah sebesar 880.610 jiwa yang berarti kebutuhan lahan untuk hidup layak adalah sebesar 131.434,27 ha. Diketahui sebelumnya bahwa ketersediaan lahan adalah seluas 3.522,52 ha dan diasumsikan tidak akan bertambah (bahkan agar luas lahan pertanian dipertahankan saja cukup sulit dengan meningkatnya jumlah penduduk). Dengan demikian status kebutuhan lahan di DAS Ciliwung Hulu agar dapat hidup layak adalah **defisit** seluas 127.911,75 Ha. Dengan pendekatan kebutuhan hidup layak versi UMR maka kebutuhan lahan pertanian di DAS Ciliwung hulu adalah seluas 22.839,24 Ha dan permukiman untuk petani adalah 104,46 Ha, Sedangkan masyarakat DAS Ciliwung Hulu selain petani diasumsikan hanya membutuhkan

lahan untuk permukiman seluas 2.097,06 Ha. Dengan demikian status kebutuhan lahan di DAS Ciliwung Hulu agar dapat hidup layak adalah **defisit** seluas 18.269.75 Ha.

4. Upaya Meningkatkan Ketersediaan Lahan dengan Meningkatkan Nilai Produksi Lahan

Upaya peningkatan ketersediaan lahan ini dilakukan dengan efisiensi pemanfaatan lahan (intensifikasi pertanian). Upaya ini harus dilakukan karena dengan bertambahnya penduduk berkonsekuensi pada peningkatan kebutuhan akan lahan dan berpotensi besar terjadinya konversi lahan pertanian menjadi lahan permukiman/lahan terbangun. Keadaan ini tentu sangat kontradiktif, karena pertumbuhan penduduk membawa konsekuensi peningkatan kebutuhan bahan makanan dan ketersediaan bahan pangan merupakan hal yang penting dalam kehidupan (Moniaga 2011). Berdasarkan penghitungan nilai produksi komoditi-komoditi yang dihasilkan di DAS Ciliwung Hulu diketahui komoditi yang memiliki nilai produksi tinggi dan menjadi andalan masyarakat antara lain cabai, daun bawang, Kacang Merah, ubi kayu, wortel dan sawi. Lebih lanjut, dengan melakukan penelusuran berita dapat diketahui nilai produktifitas dari masing-masing komoditi dengan nilai produktifitas sebagaimana disajikan pada Tabel 2 :

Tabel 2. Nilai Produktifitas Komoditi Unggulan Jika Menggunakan Teknologi yang Tepat Guna

No	Komoditi	Produktifitas(Ton/Ha/th)	Sumber
1	Kacang Merah	37,5	http://peluangusaha.kontan.co.id/news/potensi-untung-usaha-budidaya-si-kacang-merah-1 (Kecamatan Ciawi dalam Angka 2016)
2	Ubi Kayu	800	http://www.tribunnews.com/bisnis/2013/01/14/tiara-panen-singkong-800-ton-per-

No	Komoditi	Produktifitas(Ton/Ha/th)	Sumber
3	Wortel	21,71	hektar-berkat-coco-pea Ruhmayati (2008)
4	Sawi	203,07	http://shukendar.blogspot.co.id/2011/12/budidaya-sawi-putih.html
5	Cabai	7,05	http://www.beritasatu.com/ekonomi/241265-produktivitas-cabai-banyuwangi-tertinggi-di-indonesia.html

Dengan rekayasa pemanfaatan teknologi maka akan terjadi peningkatan komoditi pertanian dengan nilai rata-rata produktifitas 201.811,14 kg/ha dan nilai jual rata-rata komoditi adalah Rp. 15.871,43 /kg, sehingga pada setiap hektar nilai produktifitasnya adalah sebesar Rp. 3.203.031.138,78 /ha/tahun. Diketahui ketersediaan alokasi ruang RTRWK untuk lahan pertanian adalah seluas 2.041 ha sehingga total nilai produksi yang dihasilkan adalah sebesar Rp. 6.537.963.099.845,80/tahun. Dengan demikian bila produktifitas padi adalah 6700 kg/thn maka ketersediaan lahan adalah 234.310,58 Ha. Jika pertumbuhan penduduk saat ini adalah 6,1 % maka ketersediaan ini akan tetap **surplus** sampai dengan 19 tahun yang akan datang dan akan baru mengalami defisit di tahun 2035 seluas 3.969,42 Ha

KESIMPULAN

Status daya dukung lahan dan air di DAS Ciliwung Hulu Kabupaten Bogor saat ini adalah defisit dan nilai defisit akan semakin besar pada tahun-tahun berikutnya seiring dengan bertambahnya penduduk. Meski demikian, jika dilakukan efisiensi lahan melalui penggunaan teknologi yang tepat, maka alokasi lahan pertanian pada pola ruang RTRW (2.041 ha) Kabupaten Bogor saat ini masih surplus sampai dengan tahun 2034 seluas 2.706,47 ha dan pada tahun 2035 baru mengalami defisit seluas 3.969,42 ha.

DAFTAR PUSTAKA

Ariani M. 2010. *Analisis Konsumsi Pangan Tingkat Masyarakat Mendukung Pencapaian*

Diversifikasi Pangan. Gizi Indon. 33 (1) :20-28

Moniaga VRB. 2011. Analisis Daya Dukung Lahan Pertanian. ASE 7(3) : 61-68.

Nugroho SP. 2003. Pergeseran Kebijakan dan Paradigma Baru dalam Pengelolaan Daerah Aliran Sungai di Indonesia. J. Tek. Ling. P3TL-BPPT. 4 (3): 136-142

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun 2009 Tentang Pedoman Penentuan Daya Dukung Lingkungan Hidup dalam Penataan Ruang Wilayah

Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 13 Tahun 2012 Tentang Komponen dan Pelaksanaan Tahapan Pencapaian Kebutuhan Hidup Layak

Ruhmayati S. 2008. Analisis Usaha Tani Wortel di Desa Sukatani Kecamatan Pacet Kabupaten Cianjur. Program Studi Ekonomi Pertanian dan Sumberdaya, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Skripsi.

Silviani RV. 2013. Analisis Bahaya dan Risiko Longsor di DAS Ciliwung Hulu dan Keterkaitannya dengan Penataan Ruang [Tesis]. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor

SNI 03-1733-2004 Tentang Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan

Suprpto M, Prasetyo A, Saido P. 2016. Prediksi Pasol dan Kebutuhan Air Sungai Ciliwung Ruas Hulu Bendung Katulampa. e-Jurnal Matriks Teknik Sipil; 6 (1) 346-351.

STUDI POTENSI PENYISIHAN NITROGEN PADA EFLUEN IPAL DOMESTIK DENGAN PENGGUNAAN *CONSTRUCTED WETLAND* (Studi Kasus : IPAL Bojongsoang, Bandung)

Abstrak: Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur efisiensi pengolahan dan menentukan kondisi operasi optimum dalam pengolahan efluen IPAL Bojongsoang. Penelitian ini dilakukan di laboratorium menggunakan *constructed wetland* menggunakan jenis tanaman *Typha latifolia*. Variasi yang digunakan adalah variasi waktu detensi (1, 3, & 5 hari). Tipe reaktor yang digunakan adalah *constructed wetland* dengan aerasi & tanpa aerasi. Masing-masing reaktor diberikan umpan air limbah efluen IPAL Bojongsoang. Parameter yang diperiksa adalah COD, NTK Nitrat, Nitrit, Amonium, pH, dan temperatur. Pengukuran parameter COD, pH, dan temperatur dilakukan setiap hari, sedangkan parameter NTK dilakukan setelah reaktor dalam kondisi *steady state*. Berdasarkan pengukuran, penyisihan pencemar paling baik terjadi pada waktu detensi 5 hari. Efisiensi penyisihan pencemar nitrit sebesar 96,7%. Efisiensi penyisihan pencemar ammonium sebesar 89,1%. Efisiensi penyisihan pencemar NTK sebesar 86,2% Reaktor *constructed wetland* dengan tambahan aerasi dapat menyisihkan parameter nitrogen lebih baik daripada reaktor tanpa tambahan aerasi.

Kata kunci : air limbah domestik, *constructed wetland*, efisiensi penyisihan.

Abstract: The purpose of this research was measuring the treatment efficiency, determining the optimum operating conditions, determining the criteria for water reuse. This research is conducted in the laboratory using a *constructed wetland* with type of plant is *Typha latifolia*. Variations are made in this study are detention time (1day, 3days and 5 days) and type of reactors (*constructed wetland* & aerated *constructed wetland*). Each reactor is given wastewater feed derived from effluent of WWTP Bojongsoang. Parameters examined in this study are COD, NTK, Nitrate, Nitrite, Ammonium, pH, and temperature. Measurement of COD, pH, and temperature are conducted every day, while NTK, Nitrate, Nitrite, and Ammonium are done after the reactor reaching steady state conditions. Based on the measurements, the best pollutant elimination occurs on detention time of 5 days. The Nitrite pollutant removal efficiency is 96.7%. Ammonium pollutant removal efficiency is 89.1%. NTK pollutant removal efficiency is 86.2% . *Constructed wetland* reactor with additional aeration can remove nitrogen parameters better than the reactor without additional aeration.

Key Words: *constructed wetland*, gray water, removal efficiency.

PENDAHULUAN

Wetland didefinisikan (Hammer, 1992) sebagai sistem pengolahan air limbah yang memenuhi tiga faktor, yaitu :

- Area yang tergenang airnya dan mendukung hidupnya tumbuhan air
- Media tempat tumbuhnya tumbuhan air, berupa tanah yang selalu digenangi air
- Media tempat tumbuh tumbuhan air, bisa juga bukan tanah tetapi media yang jenuh dengan air.

Secara garis besar, *wetland* dibedakan atas dua, yaitu *natural wetland* dan *constructed wetland*.

Natural Wetland merupakan pengolahan air yang terjadi secara alami seperti pada rawa-rawa. *Constructed wetland* merupakan sistem pengolahan terencana atau terkontrol yang telah didesain dan dibangun dengan

menggunakan proses alami yang melibatkan vegetasi *wetland*, media, dan mikroorganisme untuk mengolah air limbah. Umumnya *constructed wetland* digunakan sebagai kolam penyimpanan sebelum air limbah dibuang ke badan air sehingga memerlukan unit pengolahan pendahuluan sebelum air limbah diolah oleh unit *wetland*.

Keunggulan *constructed wetland* dibandingkan dengan unit pengolahan limbah konvensional adalah :

- Mempunyai efisiensi tinggi,
- Biaya inventasi, operasi, dan perawatan yang lebih murah,
- Pengoperasian dan perawatan relatif mudah sehingga dapat dilakukan oleh tenaga lokal,
- Cocok dikembangkan di daerah permukiman, daerah pertanian, dan

- daerah pertambangan yang mempunyai lahan yang cukup luas,
- Memberikan keuntungan tidak langsung seperti pemanfaatan tanaman yang digunakan pada *constructed wetland*, (dapat digunakan sebagai bahan dasar pakan ternak, pupuk, dan tanaman hias), mendukung fungsi ekologis, dan dapat berfungsi sebagai kawasan hijau.

Constructed wetland seperti teknologi pengolahan limbah lainnya juga memiliki beberapa keterbatasan. Berikut adalah beberapa keterbatasan dari teknologi pengolahan *constructed wetland* (Hammer, 1989).

- Memerlukan lahan yang luas
- Kriteria desain dan operasi masih belum jelas
- Kompleksitas biologis dan hidrologi belum dipahami dengan baik
- Kemungkinan berkembangnya vektor penyakit seperti nyamuk.

Jenis pengolahan air limbah domestik yang cukup baik untuk menyisihkan pencemar nitrogen adalah *single stage constructed wetland*. Beberapa rangkuman efisiensi penyisihan nitrogen dapat dilihat pada **Tabel 1**. Mekanisme penyisihan nitrogen didominasi oleh mekanisme nitrifikasi dan denitrifikasi, sedangkan mekanisme penguapan, dan adsorpsi oleh tanaman hanya berperan sedikit dalam proses penyisihan nitrogen. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Kantawanichkul et al. mengatakan bahwa adsorpsi nitrogen oleh tanaman hanya sebesar 4%.

Terdapat dua jenis *constructed wetland* yaitu Vertical Subsurface Flow (VSF) dan Horizontal Subsurface Flow (HSF). Masing-masing memiliki keunggulan tersendiri. Sistem VSSF memiliki tingkat efisiensi nitrifikasi yang tinggi, sedangkan HSSF tinggi dalam efisiensi denitrifikasi (Tuncsiper, 2009)

Tabel 1. Kemampuan *wetland* dalam menyisihkan NTK

Jenis Limbah Cair	Sistem pengolahan	Konsentrasi Awal (mg/L)	Efisiensi (%)	Keterangan
Domestik	<i>Horizontal Subsurface Flow (HSF)</i>	108	90	Haberl, R. (1997)
Rumah Potong Hewan	HSF	1792	95,31	Sonie (2007)
Domestik	<i>Vertical Subsurface Flow (VSF)</i>	32,2	41	Korkusuz et al., (2004)
Domestik	VSF	73,4	47,1	Stefanakis (2009)
Limbah industri minuman anggur, dan cuka apel	<i>Hybrid (HSF dan VSF)</i>	5,3	83	Justin et al., (2009)
Limbah lindi <i>landfill</i> setelah melalui pretreatment	<i>Free Water Surface Wetland</i>	286	90,3	(Wojciechowska, 2010)

Teknologi *constructed wetland* dapat digunakan untuk mengolah kembali air limbah domestik. *Constructed wetland* dapat mengolah pencemar organik yang berasal dari limbah domestik dengan lebih baik daripada limbah jenis lain (Vymazal, 2008). Pada studi ini digunakan efluen dari kolam maturasi IPAL Bojongsoang, Bandung.

METODOLOGI

Sebagaimana dalam penelitian sebelumnya (Panelin 2016), lokasi yang dipilih sebagai tempat pengambilan sampel adalah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Bojongsoang. Lokasi ini dipilih dikarenakan instalasi pengolahan limbah domestik satu-satunya yang terdapat di Bandung, dan karakteristik efluen dari kolam maturasi (*maturation pond*) ini beberapa parameternya masih melebihi baku mutu. Diharapkan melalui penelitian ini, dapat menurunkan parameter tersebut secara signifikan.

Tanaman yang dipilih dalam penelitian ini adalah *Typha Latifolia*. Alasan tanaman tersebut dipilih dikarenakan tanaman ini hidup liar sehingga tidak membutuhkan perawatan secara khusus, dan mudah ditemukan di berbagai daerah. Tanaman tersebut diambil di daerah Garut.



Gambar 1. *Typha latifolia*

Tanaman tersebut tumbuh di daerah lahan pertanian dan daerah rawa-rawa. Reaktor ditanam dengan tanaman *Typha latifolia* dengan tinggi tanaman sekitar 70 cm. Setiap reaktor ditanam sebanyak 9 rumpun

tanaman. Setiap rumpun berisi 3 atau 4 batang. Tampak atas reaktor dapat dilihat pada **Gambar 1**.

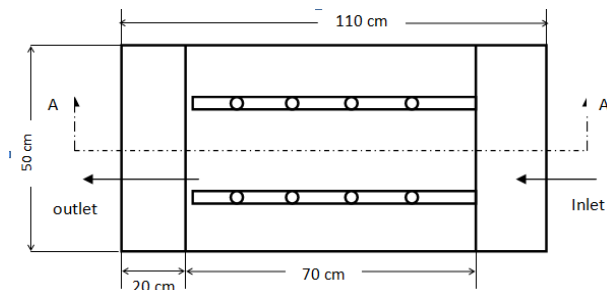
Pada penelitian ini, sesuai Panelin (2016), dilakukan pengukuran konsentrasi pencemar sebelum diolah kedalam reaktor. Hal ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari pencemar yang akan diolah oleh reaktor *constructed wetland*.

Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran tanah, pasir dan kerikil yang terstratifikasi. Tanah yang digunakan adalah tanah dari Lembang tanpa penambahan pupuk, sehingga tidak mempengaruhi efluen yang akan diperiksa. Alasan penggunaan tanah Lembang karena tanah tersebut subur dan banyak mengandung unsur hara yang baik untuk tanaman. Pasir dan kerikil yang digunakan berasal dari Sungai Cikapundung.

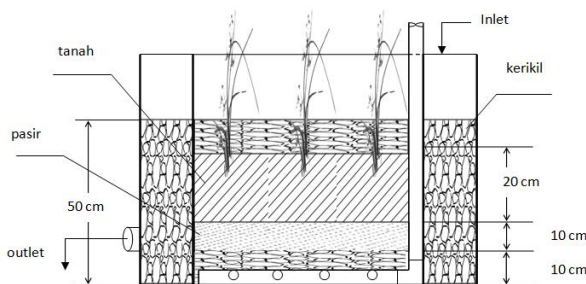
Tahap penjenjuran dilakukan pada awal pengaliran limbah. Pada tahap ini reaktor diisi dengan air keran hingga air menggenangi permukaan lalu dibiarkan hingga pori-pori antar partikel media terisi penuh oleh air, biasanya membutuhkan waktu beberapa hari. Tanah menjadi jenuh apabila tinggi muka air tidak turun lagi, yang disebabkan seluruh air telah mengisi pori-pori tanah. Setelah tanah jenuh dengan air maka, reaktor siap untuk dialirkan limbah.

Sesuai Panelin (2016) Reaktor dibagi menjadi tiga kompartemen yang terdiri dari zona inlet, zona pengolahan dan zona outlet. Panjang zona inlet dan outlet 0,2 m dan panjang zona pengolahan 0,7 m dengan lebar 0,5 m. Antara zona inlet-zona pengolahan-zona outlet diberi sekat berlubang dengan diameter lubang 0,5 cm. Zona inlet dan outlet diisi dengan kerikil yang memiliki ukuran seragam dengan diameter 2 cm. Zona pengolahan diisi dengan media tanah, pasir, kerikil, dan tanaman dengan kedalaman total media 50 cm. Volume dari zona pengolahan yaitu 140 liter. Pada zona outlet dibuat lubang outlet dengan ketinggian 15 cm dari permukaan reaktor. Kemiringan setiap reaktor adalah 0,1%.

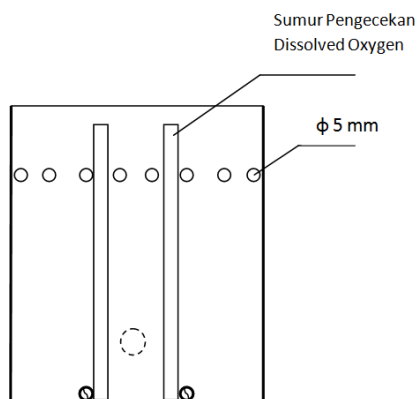
Pada *aerated constructed wetland* ditambahkan suplai udara melalui perpipaan. *Diffuser* udara digunakan agar ukuran gelembung udara cukup kecil agar proses difusi oksigen berjalan optimal. Pada reaktor ditambahkan juga sumur pengecekan oksigen terlarut. Gambar reaktor, potongan melintang dan membujur dapat dilihat pada **Gambar 2**, **Gambar 3**, **Gambar 4**, dan **Gambar 5**.



Gambar 2. Skema reaktor *constructed wetland* (Panelin 2016)



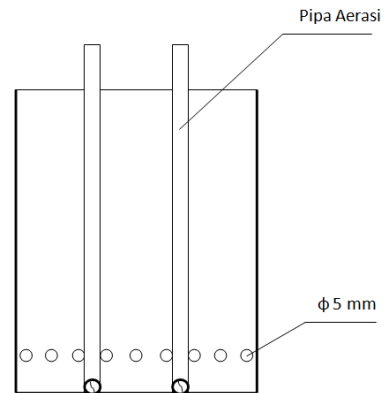
Gambar 3. Potongan A-A reaktor (Panelin 2016)



Gambar 4. Potongan B-B reaktor (Panelin 2016)

Umpan limbah berasal dari efluen IPAL Bojongsong Bandung. Umpan dialirkan secara paralel dari penampung limbah kedalam zona inlet dari masing-masing reaktor menggunakan sebuah pompa

diafragma. Debit pengaliran kedalam zona inlet reaktor disesuaikan sesuai dengan variasi waktu detensi. Untuk waktu detensi 1 hari debit pengalirannya adalah 0,567 ml/detik, untuk waktu detensi 3 hari debit pengalirannya adalah 0,189 ml/detik dan untuk waktu detensi 5 hari debit pengalirannya adalah 0,113 ml/detik.



Gambar 5. Potongan C-C reaktor (Panelin 2016)

Pada penelitian ini digunakan empat reaktor *Horizontal Subsurface Flow System*. Dua reaktor merupakan reaktor *aerated wetland*.

- Reaktor A : tanaman *Typha Latifolia* tanpa penambahan aerator
- Reaktor B : tanaman *Typha Latifolia* dengan penambahan aerator

Pada penelitian ini dilakukan beberapa variasi parameter. Variasi pertama adalah variasi waktu detensi yang didasarkan kepada variasi debit. Waktu detensi yang digunakan adalah 1 hari, 3 hari, dan 5 hari.

Variasi yang kedua adalah jenis dari reaktor yang digunakan, yaitu reaktor *constructed wetland* dan *aerated constructed wetland*.

Parameter COD terlarut dilakukan analisa setiap dua kali sehari yaitu pagi hari dan sore hari untuk mengetahui stabilitas penyisihan pencemar oleh reaktor. Pemilihan waktu pengambilan sampel ini dengan pertimbangan kondisi lingkungan yang tidak jauh berbeda. Walaupun pada siang hari memiliki interval waktu yang lebih pendek, namun aktivitas biologi lebih banyak terjadi pada siang hari. Dilakukan pengukuran influen

dan efluen pada reaktor untuk memperoleh efisiensi pengolahan. Setiap pengambilan sampel dilakukan pengukuran suhu dan pH. Parameter NTK, Nitrit, Nitrat dan Amonium dianalisa setelah reaktor mencapai kondisi tunak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Di awal penelitian dilakukan pengecekan awal dari karakteristik awal limbah yang akan diolah. Data karakteristik tersebut disajikan dalam **Tabel 2**. Efluen IPAL Bojongsong dapat dikategorikan kedalam kelas lemah, walaupun beberapa parameter berada pada kelas sedang dan kuat, parameter BOD, COD, total fosfat, dan nitrit melewati baku mutu. Parameter NTK memiliki konsentrasi 2,3 – 10,2 mg/L. Parameter nitrit memiliki konsentrasi 0,08 – 1,05 mg/L. Parameter nitrat memiliki konsentrasi 0,2 – 1,58 mg/L. Parameter amonium memiliki konsentrasi 1,4 – 2,5 mg/L. Agar air limbah tersebut dapat digunakan kembali perlu dilakukan suatu pengolahan air limbah. Dalam penelitian ini digunakan *constructed wetland* untuk mengolah air limbah yang berasal dari IPAL Bojongsong.

Dengan membandingkan antara nilai BOD dan COD akan didapatkan suatu nilai yang menggambarkan angka

biodegradabilitas limbah yang akan diolah. Dari Tabel 2 didapat rasio BOD/COD 0,878. Nilai rasio BOD/COD ini tipikal dari limbah cair rumah tangga. Jika nilai tersebut lebih besar dari 0,5 maka limbah tersebut dapat didegradasi oleh bakteri (Tchobanoglous et al., 2003).

Melihat besarnya jumlah air yang diolah pada saat ini yaitu sekitar 40000 m³/hari, maka potensi ini cukup besar untuk dimanfaatkan kembali, sehingga dapat memberi manfaat bagi lingkungan dan bagi kehidupan manusia. Namun, air limbah hasil olahan tersebut harus kembali disesuaikan karakteristiknya terhadap peraturan yang berlaku untuk pemanfaatan air, yaitu Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001.

Diharapkan melalui penelitian ini, karakteristik efluen yang dihasilkan dapat memenuhi PP no.82 Tahun 2001 kelas 3, yang dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan untuk kegunaan lain dengan persyaratan mutu air yang sama, mengingat mata pencaharian penduduk sekitar IPAL Bojongsong yang kebanyakan bercocok tanam dan membudidayakan ikan.

Tabel 2. Karakteristik awal umpan reaktor

No	Parameter Karakteristik Awal	Unit	Limbah IPAL Bojongsong	kelas *			Baku Mutu	
				lemah	sedang	kuat	konsentrasi**	konsentrasi***
1	pH		7.5 - 9,216	-	-	-	6 -9	6 -9
2	Suhu	0C	25.2 - 27,18	-	-	-	-	-
3	Total Solid	mg/L	375 - 567	350	770	1200	1400	-
4	BOD	mg/L	23 - 97	110	220	350	6	-
5	COD	mg/L	77,8 - 154,59	250	500	1000	50	-
6	Total P	mg/L	0,156 - 29,3156	4	8	15	1	-
7	Nitrat	mg/L	1,58 - 0,2041	-	-	-	20	10
8	Nitrit	mg/L	0,0888 - 1,054	-	-	-	0,06	0,06
9	Amonium	mg/L	1,428 - 2,555	12	25	50	-	0,02
10	NTK	mg/L	2,38 - 10,282	20	40	85	-	-
11	Oksigen Terlarut	mg/L	3,01 - 4,90				3	3

Baku Mutu : * Metcalf & Eddy, 2003.

** PP 82 Tahun 2001 untuk kelas III

*** Surat Keputusan Gubernur Jawa Barat No.39 Tahun 200

Pengaruh Waktu Detensi Terhadap pH

Sesuai Panelin (2016) Pengukuran pH dilakukan karena beberapa parameter pencemar, penyisihannya bergantung pada nilai pH. Data tersebut diambil setiap kali dilakukan pengambilan sampel. Untuk reaktor dengan tanaman *Typha latifolia* tanpa perlakuan aerasi rata-rata pH-nya adalah 7,44, sedangkan untuk reaktor dengan tanaman *Typha latifolia* dengan penambahan aerasi rata-rata pH-nya adalah 7,07. Suhu harian rata-rata untuk waktu detensi 1 hari di dalam reaktor adalah 25,1 °C. lama kontak limbah terhadap reaktor tidak berpengaruh pada nilai dari pH. Lebih kecilnya pH pada reaktor dengan tambahan aerasi, dapat disebabkan akibat mikroorganisme aerob yang lebih aktif pada reaktor dengan aerasi. Mikroorganisme aerob selain menghasilkan energi untuk dirinya sendiri, juga menghasilkan CO₂ yang dapat menurunkan pH.

Penyisihan COD

Merujuk Panelin (2016) Sampel dari masing-masing outlet reaktor *constructed wetland* diambil setiap hari pada pukul 09.00 dan 15.00 untuk mengetahui konsentrasi COD terlarut. Parameter COD terlarut dilakukan analisa setiap dua kali sehari yaitu pagi hari dan sore hari untuk mengetahui stabilitas penyisihan pencemar oleh reaktor. Hasil pengamatan konsentrasi efluen COD terlarut harian waktu detensi 1 hari pada reaktor A berkisar antara 11,20-23,07 mg/L (lihat **Gambar 6**). Setelah hari ketiga, efluen terlihat mulai stabil. Konsentrasi COD terlarut setelah hari ketiga sampai mencapai kondisi *steady state*, rata-rata 13,22 mg/L. Efisiensi rata-rata penyisihan COD terlarut pada reaktor A adalah 37,67 %.

Hasil pengamatan konsentrasi efluen COD terlarut harian waktu detensi 1 hari pada reaktor B berkisar antara 10,61-19,22 mg/L (lihat **Gambar 6**). Mulai hari ketiga, efluen terlihat mulai stabil. Konsentrasi COD terlarut setelah hari ketiga sampai mencapai kondisi *steady*

state, rata-rata 12,18 mg/L. Efisiensi rata-rata penyisihan COD terlarut pada reaktor B adalah 44,67 %.

Hasil pengamatan konsentrasi efluen COD terlarut harian waktu detensi 3 hari pada reaktor A (lihat **Gambar 7**) berkisar antara 13,53-29,63 mg/L. Setelah hari keenam, efluen terlihat mulai stabil. Konsentrasi COD terlarut setelah hari keenam sampai mencapai kondisi *steady state*, rata-rata 16,48 mg/L. Efisiensi penyisihan rata-rata COD terlarut pada reaktor A adalah 50,17 %.

Hasil pengamatan konsentrasi efluen COD terlarut harian waktu detensi 3 hari pada reaktor B (lihat **Gambar 7**) berkisar antara 4,62-22,95 mg/L. Setelah hari keenam, efluen terlihat mulai stabil. Konsentrasi COD terlarut setelah hari keenam sampai mencapai kondisi *steady state*, rata-rata 19,37 mg/L. Efisiensi penyisihan rata-rata COD terlarut pada reaktor B adalah 58,17 %.

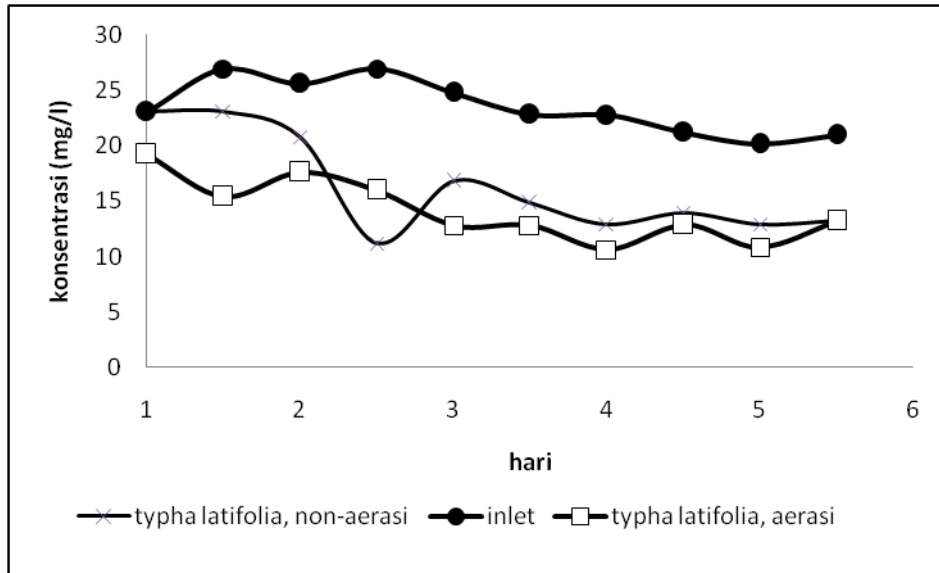
Hasil pengamatan konsentrasi efluen COD terlarut harian waktu detensi 5 hari pada reaktor A (lihat **Gambar 8**) berkisar antara 3,14-19,56 mg/L. Setelah hari ke-11, efluen terlihat mulai stabil. Konsentrasi COD terlarut setelah hari ke-11 sampai mencapai kondisi *steady state*, rata-rata 11,42 mg/L. Efisiensi penyisihan rata-rata COD terlarut pada reaktor B adalah 58,18 %.

Hasil pengamatan konsentrasi efluen COD terlarut harian waktu detensi 5 hari pada reaktor B (lihat **Gambar 8**) berkisar antara 7,36-16,95 mg/L. Setelah hari ke-13, efluen terlihat mulai stabil. Konsentrasi COD terlarut setelah hari ke-13 sampai mencapai kondisi *steady state*, rata-rata 11,59 mg/L. Efisiensi penyisihan rata-rata COD terlarut pada reaktor D adalah 58,16 %.

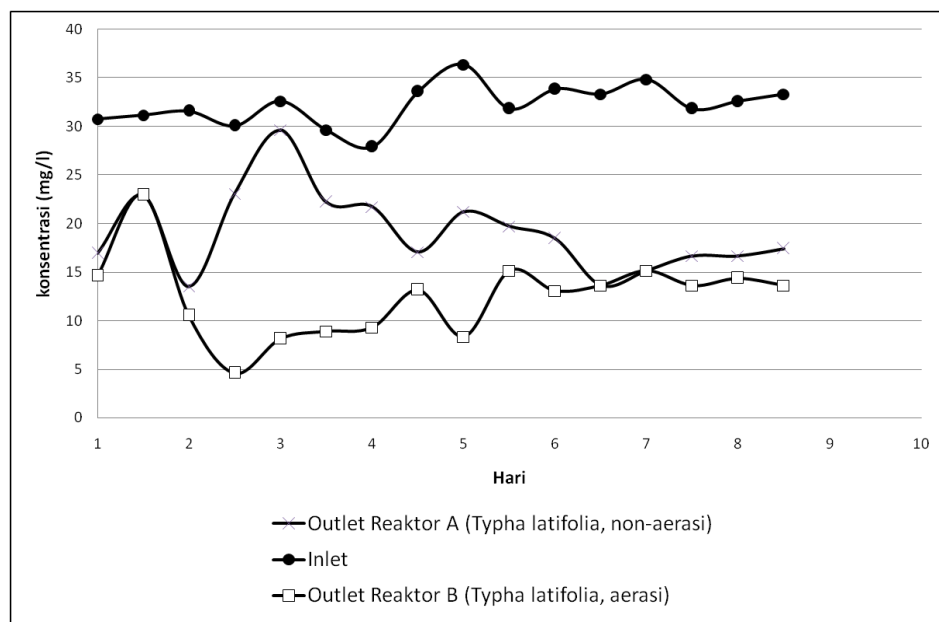
Terlihat dengan waktu detensi 1 hari cukup untuk memenuhi baku mutu PP No.82 Tahun 2001 kelas 3, sehingga *aerated wetland* dengan waktu detensi 1 hari dapat menyisihkan organik (parameter COD) sesuai baku mutu. Hal ini dapat mereduksi lahan yang digunakan, jika

dibandingkan dengan reaktor tanpa penambahan aerasi, yang dapat memenuhi

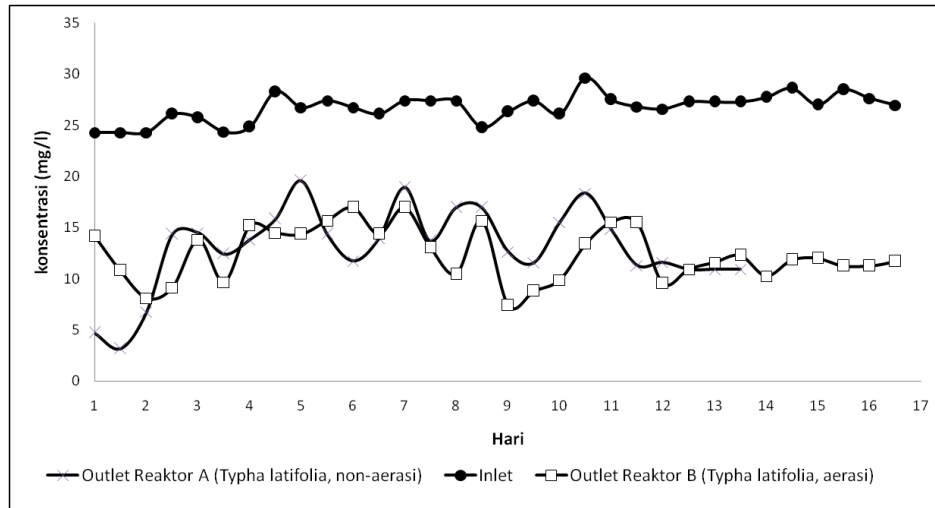
baku mutu kelas tiga, pada waktu detensi 3 hari.



Gambar 6. Hasil Pengamatan COD terlarut harian pada waktu detensi 1 hari



Gambar 7. Hasil Pengamatan COD terlarut harian pada waktu detensi 3 hari



Gambar 8. Hasil Pengamatan COD terlarut harian pada waktu detensi 5 hari

Penyisihan Nitrogen

Penyerapan nitrogen oleh tanaman pada *constructed wetland* hanya berkisar 10-16%, dari senyawa nitrogen yang terlarut di dalam air. (Gersberg,1983). Sebagian besar penghilangan senyawa nitrogen dilakukan oleh bakteri melalui proses amonifikasi, nitrifikasi, dan denitrifikasi.

Berdasarkan pengukuran didapatkan, efisiensi penyisihan NTK pada reaktor A dengan waktu detensi 1 hari 75,21%, dan pada reaktor B adalah 86,23%. Efisiensi penyisihan NTK pada reaktor A dengan waktu detensi 3 hari 90,91%, dan pada reaktor D adalah 85,24%. Efisiensi penyisihan NTK pada reaktor A dengan waktu detensi 5 hari adalah 95,64%, pada reaktor D adalah 90,99%. Penyisihan NTK untuk jenis reaktor dengan penambahan aerasi, paling baik terjadi pada waktu detensi 5 hari, begitu juga untuk jenis reaktor tanpa penambahan aerasi. Dapat terlihat bahwa waktu detensi mempengaruhi penyisihan NTK. Efisiensi tertinggi didapat pada waktu detensi 5 hari yaitu 95,64 % pada reaktor A.

Amonium merupakan salah satu senyawa mineral nitrogen dalam siklus nitrogen yang terjadi pada *wetland*. Amonium berasal dari nitrogen, yang diubah oleh bakteri amonifikasi. Konsentrasi akhir amonium setelah reaktor stabil pada waktu detensi 1 hari di reaktor

A adalah 0,39 mg/L, pada reaktor B adalah 0,36 mg/L. Konsentrasi akhir amonium pada waktu detensi 3 hari di reaktor A adalah 0,34 mg/L, dan pada reaktor B adalah 0,53 mg/L. Konsentrasi akhir amonium pada waktu detensi 5 hari di reaktor A adalah 0,38 mg/L, dan pada reaktor D adalah 0,35 mg/L. Berdasarkan peraturan PP No.82 Tahun 2001, konsentrasi amonium yang diperbolehkan untuk kelas 3 adalah 0,02 mg/l, sehingga dapat disimpulkan bahwa parameter amonium masih melebihi standar baku mutu.

Berdasarkan pengukuran didapatkan konsentrasi akhir nitrat pada waktu detensi 1 hari di reaktor A adalah 9,35 mg/L, dan pada reaktor B adalah 18,79 mg/L. Konsentrasi akhir nitrat pada waktu detensi 3 hari di reaktor A adalah 6,77 mg/L, dan pada reaktor B adalah 23,37 mg/L. Konsentrasi akhir nitrat pada waktu detensi 5 hari di reaktor A adalah 5 mg/L, dan pada reaktor B adalah 31,8 mg/L. Konsentrasi akhir dari nitrat, paling besar terjadi pada waktu detensi 5 hari, untuk *aerated wetland*.

Berdasarkan pengukuran didapatkan konsentrasi akhir nitrit pada waktu detensi 1 hari di reaktor A adalah 0,04 mg/L, dan pada reaktor B adalah 0,04 mg/L. Konsentrasi akhir nitrit pada waktu detensi 3 hari di reaktor A adalah 0,02 mg/L, dan pada reaktor B adalah 0,01

mg/L. Konsentrasi akhir nitrit pada waktu detensi 5 hari di reaktor A adalah 0,004 mg/L, dan pada reaktor B adalah 0,012 mg/L. Terlihat bahwa hampir seluruh efluen yang dihasilkan oleh reaktor pada semua waktu detensi memenuhi baku mutu PP No.82 tahun 2001.

Proses reduksi senyawa nitrogen pada *constructed wetland* tidak hanya terjadi secara biologis namun juga melalui volatilisasi ion ammonium menjadi gas NH₃, bila pH lebih besar dari 8, serta melalui proses sedimentasi dan penyaringan partikel padat yang mengandung nitrogen, proses adsorpsi ion ammonium ke dalam sedimen organik dan anorganik melalui pertukaran ion (Liehr, et al., 2000)

Nitrifikasi merupakan bio-oksidasi ammonium menjadi nitrat, konversi tersebut terjadi pada dua tahap yang dilakukan oleh dua kelompok bakteri yang sejenis yang memperoleh karbon dari karbondioksida dan energi dari oksidasi senyawa anorganik, dalam hal ini ammonia dan nitrat. Bakteri tersebut adalah Nitrosomonas yang mengoksidasi ammonia menjadi nitrit, dan Nitrobacter yang mengoksidasi nitrit menjadi nitrat. Reaksi tersebut berlangsung pada kondisi aerob.

Tanaman *wetland* akan mengasimilasi nitrogen sebagai elemen yang penting untuk metabolisme tanaman. Nitrogen anorganik akan direduksi oleh tanaman menjadi senyawa nitrogen organik yang digunakan untuk tanaman. Pada masa pertumbuhan pengambilan nitrogen dari air dan sedimen oleh tanaman sangat tinggi. Diperkirakan pengambilan nitrogen oleh tanaman pada *wetland* bervariasi dari 0,5 – 3,3 gN/m²/tahun (Burgoon et al., 1991).

Sesuai penelitian Panelin (2016), dilakukan pengecekan konsentrasi oksigen terlarut (*dissolved oksigen*) pada reaktor dengan membuat beberapa sumur pengecekan disalah satu reaktor aerasi dan reaktor non aerasi (pada **Gambar 4**). Setelah dilakukan pengukuran didapatkan

hasil bahwa rata-rata konsentrasi oksigen terlarut pada reaktor aerasi adalah 5,31 mg/l sedangkan untuk reaktor non-aerasi adalah 3,68 mg/l. Terlihat bahwa benar terjadi aerasi pada reaktor aerasi.

KESIMPULAN

Pengolahan limbah cair menggunakan *constructed wetland* dapat menyisihkan pencemar nitrit sebesar 96,7%. Efisiensi penyisihan pencemar ammonium sebesar 89,1%. Efisiensi penyisihan pencemar NTK sebesar 86,2%. Konsentrasi oksigen terlarut pada reaktor aerasi adalah 5,31 mg/l sedangkan untuk reaktor non-aerasi adalah 3,68 mg/l. Reaktor *constructed wetland* dengan tambahan aerasi dapat menyisihkan parameter nitrogen lebih baik daripada reaktor tanpa tambahan aerasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh DIPA DIKTI 2010. Kepada Ibu Prayatni Soewondo dan Ibu Marisa Handajani yang telah memberikan arahan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Burgoon, P.S., Reddy, K.R., DeBusk, T.A., Koopmann, B., 1991. *Vegetated submerged beds with artificial substrates: N and P removal*. J. Environ. Eng. 117 (4), 408–424.
- Gersberg, R.M., B.V. Elkins, dan C.R. Goldman. (1983). *Nitrogen Removal in Artificial Wetlands*. Control Board, Sacramento, USA : Water Res. 17:1009-1014, Progress Report. Project No. C-06-2270, State Water Resources.
- Haberl, R. 1998. *Wetland Systems for Water Pollution Control: Constructed Wetland, A Change to Solve Wastewater Problems in Developing Countries*. Pergamon: Oxford.
- Hammer, D.A. 1989. *Constructed Wetland for Wastewater Treatment: Municipal, Industrial and Agricultural*. Chelsea : Lewis Publisher.
- Justin, Maja Zupancić, Danijel Vrhovšek, Arnold Stuhlbacher, Tjaša Griessler Bulc. 2009. *Treatment of wastewater in Hybrid Constructed Wetland from the Production of Vinegar and Packaging of Detergents*. Desalination 24 : 100–109.
- Kantawanichkul, S. Somprasert, U. Aekasin and R.B.E. Shutes. (2003). *Treatment of*

- agricultural wastewater in two experimental combined constructed wetland systems in a tropical climate.* Water Sci. Technol., 48(5) 199–205.
- Korkusuz, E. Asuman, Meryem Bekloglu, dan Göksele N. Demirel. 2004. *Treatment Eficiencies of the Vertical Flow Pilot-Scale Constructed Wetlands for Domestic Wastewater Treatment.* Turkish J. Eng. Env. Sci. 28 : 333-344.
- Liehr, S. K., Kozub, D. D., Rash, J. K., Sloop, G. M.; Doll, B.; Rubin, A. R., House, C. H., Hawes, S., dan Burks, D. 2000. *Constructed Wetlands Treatment of High Nitrogen Landfill Leachate.* Virginia (AS) : Water Environment Research Foundation.
- Panelin, Y.2016. *Studi Potensi Penyisihan Organik pada Effluen IPAL Domestik dengan Penggunaan Constructed Wetland.* Journal of Environmental Engineering and Waste Management Vo. 1. No 1 : 25-34
- Sonie, Rakhmi.(2007). *Pengolahan Efluen ABR (Anaerobic Buffled Reactor) Dengan Rekayasa Aliran Pada Constructed Wetland.* Tugas Akhir S1, Prodi Teknik Lingkungan, ITB, Bandung.
- Stefanakis, A.I., dan V.A. Tsihrintzis. (2009). *Performance Of Pilot-Scale Vertical Flow Constructed Wetlands Treating Simulated Municipal Wastewater: Effect Of Various Design Parameters.* Desalination 248: 753–770.
- Tchobanoglous, G., & Burton, F.L. 2003. *Wastewater engineering, treatment, disposal, and reuse*, 4th edition. New York: Metcalf & Eddy Inc./McGraw-Hill.
- Tunc, siper, B. (2009). *Nitrogen removal in a combined vertical and horizontal subsurface-flow constructed wetland system.* Desalination 247 : 466–475.
- Vymazal, Jan. (2009). *Removal of Organics in Constructed Wetlands With Horizontal Sub-Surface Flow: A Review of The field Experience.* Science of The Total Environment 407: 3911-3922.
- Wojciechowska,Ewa.,Gajewska,Magdalen.,Obarska-Pempkowiak, Hanna. (2010). *Treatment of Landfill Leachate by Constructed Wetlands: Three Case Studies.* Polish J. of Environ. Stud Vol. 19, No. 3: 643-650.

OPTIMASI USULAN PERUBAHAN KAWASAN HUTAN DALAM RENCANA TATA RUANG WILAYAH PROVINSI (RTRWP) DI PROVINSI KALIMANTAN TIMUR
(*Optimization Of Proposed Changes Of Forest Area Within The Province Spatial Plan (RTRWP) In East Kalimantan Province*)

Donny Satria¹, Omo Rusdiana², Nining Puspaningsih³

Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan

Institut Pertanian Bogor

Kampus IPB Baranangsiang, Jl. Raya Padjajaran, Bogor 16144

¹ donny_satria@yahoo.com, ² orusdiana@gmail.com, ³ n_puspaningsih@yahoo.com

Abstrak : Pada tahun 2009 Provinsi Kalimantan Timur menyampaikan usulan perubahan kawasan hutan seluas $\pm 2.535.858$ Ha namun hanya direkomendasikan perubahannya seluas ± 464.895 Ha (18,33% dari usulan), dari angka tersebut dapat dilihat bahwa terjadi gap (selisih) yang sangat besar antara usulan perubahan dengan rekomendasi perubahan kawasan hutan sehingga perlu dilakukan optimasi dalam setiap usulan perubahan kawasan hutan dengan melakukan perhitungan daya dukung lingkungan sesuai Permen LH No 17 Tahun 2009 serta analisis spasial. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kebutuhan lahan, efektifitas pemanfaatan lahan, serta kawasan hutan yang masih berpotensi untuk diusulkan perubahannya. Mengacu hasil pengolahan data diketahui Provinsi Kalimantan Timur tahun 2015 mengalami surplus ketersediaan lahan seluas $\pm 1.374.046$ Ha serta diketahui bahwa masih terdapat lahan tidak produktif seluas $\pm 2.774.571$ ha. Hasil analisis data spasial menyatakan bahwa perubahan kawasan hutan masih dapat dilakukan pada 8 kabupaten/ kota dengan luas total $\pm 132.578,57$ ha.

Kata Kunci : kebutuhan lahan, ketersediaan lahan, usulan perubahan kawasan hutan.

Abstract : In 2009 the province of East Kalimantan submitted the proposed changes of forest area of $\pm 2.535.858$ ha, however the recommended changes only ± 464.895 ha (18.33% of the proposal), according to the figure can be seen that there were significant gaps (differences) among the proposed changes with recommendations for forest areas changes that need to be optimized in any proposed changes of forest area by calculating the capacity of the environment in accordance to the Minister of Environment Regulation Number 17 of 2009 as well as spatial analysis. The purpose of this research was to determine land requirements, the effectiveness of land-use and forest areas that still have the potential for the proposed changes. Referring to the data processing, it was discovered that East Kalimantan Province in 2015 experienced the surplus of land availability of $\pm 1.374.046$ ha and it was discovered that there are still non-productive land area of $\pm 2.774.571$ ha. The results of the spatial data analysis suggests that changes of forest area can still be done in 8 districts/cities with a total area of $\pm 132.578,57$ ha.

Key words : land requirements, land availability, the proposed change of forest area.

PENDAHULUAN

Hutan dan kehutanan menempati posisi strategis dalam ruang secara nasional. Oleh karena itu hutan dan kehutanan di Indonesia diatur secara khusus dalam UU No. 41 tahun 1999 tentang Kehutanan. Selanjutnya Peraturan Pemerintah (PP) No. 26 Tahun 2008 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional (RTRWN) yang merupakan amanat UU No. 26 Tahun 2007 dan PP No. 44 tahun 2004 tentang Perencanaan Kehutanan yang merupakan penjabaran UU No. 41 tahun 1999, telah mengatur ruang kehutanan sesuai dengan

fungsi pokoknya yang terbagi menjadi 3 (tiga) yaitu: yang berfungsi konservasi dengan nama Hutan Konservasi, yang berfungsi lindung dinamakan Hutan Lindung, dan yang berfungsi produksi sebagai Hutan Produksi. Dengan demikian, apabila ditemui alokasi pola ruang nasional yang menyangkut ruang kehutanan, maka pengaturannya tidak hanya mengacu pada ketentuan di bidang penataan ruang, tetapi juga harus mengacu pada peraturan perundangan di bidang kehutanan.

Perubahan kawasan hutan dalam rangka pemberian persetujuan substansi dari Menteri pada proses revisi RTRWP harus mengikuti ketentuan perundang-undangan yang berlaku di bidang kehutanan yaitu Pasal 19 UU No. 41 tahun 1999 dan PP No 104 Tahun 2015 tentang Tata Cara Perubahan Peruntukan dan Fungsi Kawasan Hutan, yaitu melalui penelitian terpadu dan persetujuan DPR RI.

Provinsi Kalimantan Timur menyampaikan usulan perubahan kawasan hutan dalam rangka revisi RTRWP pada tahun 2009 (saat itu masih bergabung antara Provinsi Kalimantan Utara dan Provinsi Kalimantan Timur) dengan mengajukan usulan perubahan kawasan hutan menjadi non kawasan hutan/ areal penggunaan lain (APL) seluas $\pm 2.535.858$ ha dimana pada tahapan selanjutnya sebagaimana rekomendasi Tim Terpadu dalam Rangka Usulan Perubahan Kawasan Hutan dalam Usulan RTRWP yang dibentuk oleh Kementerian Kehutanan sebagian usulan dimaksud dapat dipertimbangkan menjadi APL seluas ± 464.895 Ha (18,33% dari usulan), dan sisanya direkomendasikan tetap sebagai kawasan hutan dengan berbagai fungsi (Kemenhut 2012). Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa terjadi *gaps* (selisih) yang sangat besar antara usulan perubahan yang diajukan oleh provinsi dengan rekomendasi Tim Terpadu. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui optimasi usulan perubahan kawasan hutan dalam RTRWN Provinsi Kalimantan Timur yang nantinya juga dapat dijadikan acuan oleh provinsi lainnya.

Menurut Sitorus (1989) dan Hardjowigeno dan Widiatmaka (2007), lahan atau sumberdaya lahan adalah suatu lingkungan fisik yang meliputi tanah, iklim, relief, hidrologi dan vegetasi dimana faktor-faktor tersebut mempengaruhi potensi penggunaannya. Termasuk di dalamnya adalah akibat-akibat kegiatan manusia, baik pada masa lalu maupun sekarang, seperti reklamasi daerah-daerah

pantai, penebangan hutan, dan akibat-akibatnya merugikan seperti erosi dan akumulasi garam. Dalam hal ini lahan juga mengandung pengertian ruang (*space*) atau tempat.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis ketersediaan serta kebutuhan lahan di Provinsi Kalimantan Timur saat ini hingga 20 tahun yang akan datang dan menentukan wilayah yang cocok untuk dilakukan perubahan kawasan hutan mengingat peraturan perundangan memperkenankan dilakukan peninjauan kembali RTRWP dalam kurun waktu 5 (lima) tahun.

METODE PENELITIAN

Tempat, waktu dan Prosedur

Penelitian dilakukan di Provinsi Kalimantan Timur. Waktu penelitian berkisar antara bulan Maret hingga Desember 2016.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer dan sekunder. Data spasial yang digunakan dalam penelitian antara lain berupa: peta administrasi Provinsi Kalimantan Timur, peta kawasan hutan sebagaimana SK Menteri Kehutanan No.718/Menhut-II/2014, peta RTRWP Kalimantan Timur tahun 2015 sampai 2025, peta penutupan lahan, peta penggunaan dan pemanfaatan lahan, dan peta hasil skoring. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data statistik (produksi perkebunan, produksi kehutanan, dan produksi padi serta tanaman pangan lainnya) Sedangkan alat yang digunakan antara lain: ATK, komputer, serta *Software Arc Gis 10.2*, dan *MS Office 2013*.

Prosedur

5. Analisis Perbandingan Ketersediaan dan Kebutuhan Lahan

Penentuan daya dukung lahan dilakukan dengan membandingkan ketersediaan dan kebutuhan lahan (KLH 2009). Ketersediaan lahan ditentukan berdasarkan dari jumlah

produksi aktual Provinsi Kalimantan Timur dari setiap komoditas. Untuk penjumlahan ini digunakan harga satuan sebagai faktor konversi karena setiap komoditas memiliki satuan yang beragam. Sementara itu kebutuhan lahan dihitung berdasarkan kebutuhan hidup layak. Penghitungan dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

4. Penghitungan Ketersediaan (*Supply*) Lahan

Rumus :

$$S_L = \frac{\sum (P_i \times H_i)}{H_b} \times \frac{1}{Ptv_b}$$

Keterangan :

S_L =Ketersediaan lahan (ha)

P_i =Produksi Aktual tiap jenis Komoditi

H_i =Harga satuan tiap jenis komoditas (Rp/satuan) di tingkat produsen

H_b =Harga satuan beras (Rp/ Kg) di tingkat produsen

Ptv_b =Produktivitas beras (kg/ha)

5. Penghitungan Kebutuhan (*Demand*) Lahan

Rumus :

$$D_L = N \times KHL_L$$

D_L =Total kebutuhan lahan setara beras (ha)

N = Jumlah Penduduk (orang)

KHL_L = Luas lahan yang dibutuhkan untuk kebutuhan hidup layak per penduduk (menghasilkan 1 ton beras)

6. Penentuan Status Daya Dukung Lahan

Status daya dukung lahan diperoleh dari perbandingan antara ketersediaan lahan (S_L) dan kebutuhan lahan (D_L).

Bila $S_L > D_L$, daya dukung lahan dinyatakan surplus

Bila $S_L < D_L$, daya dukung lahan dinyatakan defisit atau terlampaui.

6. Proyeksi Daya Dukung Lahan untuk 20 Tahun yang Akan Datang

Untuk mengetahui daya dukung lahan 20 tahun yang akan datang diperlukan proyeksi jumlah penduduk serta laju

pertumbuhan penduduk yang diperoleh dari data kependudukan saat ini. Proyeksi penduduk pada 20 tahun yang akan datang dihitung dengan rumus berikut :

$$P_n = P_0 (1 + r)^n$$

P_n = Penduduk pada tahun ke n
(20)

P_0 = Penduduk pada tahun awal

1 = angka konstansta

r = angka pertumbuhan penduduk (dalam persen)

n = jumlah rentang waktu dari awal hingga tahun ke n (20)

7. Analisis Perhitungan Peruntukan dan Penutupan Lahan

Penentuan peruntukan dan penutupan lahan dilakukan untuk mengetahui peruntukan lahan di Kalimantan Timur dan persentase lahan yang telah digunakan sesuai dengan peruntukan yang telah ditetapkan dengan langkah :

a. Menyiapkan:

a) Peta RTRWP

b) Peta kawasan hutan

c) Peta administrasi

d) Peta penutupan lahan

b. Melakukan tumpang tindih (*overlay*) dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). sehingga diketahui:

a) Peruntukan dan luas sektor-sektor pengguna/pemanfaatan lahan.

b) Persentase tutupan lahan terhadap sektor-sektor pengguna/ pemanfaatan lahan.

c) Lahan yang tidak efisien dalam penggunaan/ pemanfaatannya

8. Analisis usulan Perubahan Kawasan Hutan

Analisis dilakukan dengan menggunakan kriteria regulasi, biofisik, serta data produktifitas. Analisis data biofisik usulan perubahan kawasan hutan meliputi: penutupan lahan, penggunaan dan pemanfaatan lahan, dan analisis skoring lahan (perpaduan antara jenis tanah, curah hujan, serta kelerengan) serta ketentuan

yang mengatur tentang kawasan hutan. Data tersebut kemudian diterjemahkan dalam bentuk spasial dan selanjutnya dilakukan deliniasi dan identifikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

5. Analisis Perbandingan Ketersediaan dan Kebutuhan Lahan

Sesuai Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun 2009, kebutuhan hidup layak adalah luas lahan yg dibutuhkan untuk menghasilkan 1000 kg beras/kapita/th. Konsumsi beras penduduk Indonesia per kapita berdasarkan Data Statistik Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian tahun 2012 adalah 102,78 kg/th. Sesuai data BPS tahun 2016 diketahui produksi padi di Kalimantan Timur pada tahun 2015 adalah sebesar 408.782.000 kg GKG atau 256.469.826,8 kg setelah dikonversi dengan angka 62,74% (sumber: http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/epublikasi/outlook/2013/OUTLOOK%20TANAMAN%20PANGAN/outlook_padi_2013/files/asset/basic-HTML/page54.html, diunduh tanggal 23 Maret 2017).

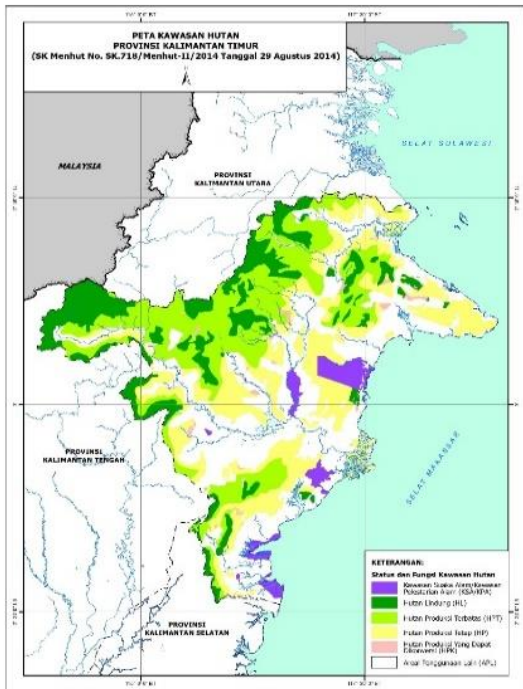
Berdasarkan data BPS tersebut diketahui produktifitas padi di Kalimantan Timur pada tahun 2015 adalah 4.778 kg/ha dengan harga beras di tingkat petani adalah Rp. 9.213,- sehingga dapat diketahui kebutuhan hidup layak lahan perkapita adalah seluas 0,209 ha. Selanjutnya berdasarkan data BPS juga dapat diketahui jumlah penduduk di Kalimantan Timur pada tahun 2015 adalah sebesar 3.426.638 jiwa, sehingga diketahui total kebutuhan hidup layak lahan di Kalimantan Timur adalah seluas 717.170 ha. Sementara berdasarkan hasil perhitungan diketahui ketersediaan lahan adalah seluas 2.091.216 ha, dengan demikian status daya dukung lahan di Provinsi Kalimantan Timur adalah surplus seluas 1.374.046 Ha.

6. Proyeksi Daya Dukung Lahan untuk 20 Tahun yang Akan Datang

Berdasarkan data BPS diketahui laju pertumbuhan penduduk di Provinsi Kalimantan Timur adalah sebesar 2,24%/tahun. Proyeksi hingga 20 tahun yang akan datang, jumlah penduduk di Provinsi Kalimantan Timur dengan pertumbuhan penduduk sebesar 2,24%/tahun adalah sebesar 5.336.850 jiwa yang berdasarkan hasil perhitungan diketahui kebutuhan lahan untuk hidup layak dengan jumlah penduduk sebanyak 5.336.850 jiwa adalah sebesar 1.115.401,77 ha. Dengan demikian status daya dukung lahan pada kurun waktu 20 tahun yang akan datang di Provinsi Kalimantan Timur masih surplus seluas 975.814,23 Ha.

7. Analisis Perhitungan Peruntukan dan Penutupan Lahan

Berdasarkan SK Menteri Kehutanan Nomor SK.718/Menhut-II/2014, tanggal 29 Agustus 2014 tentang Kawasan Hutan Provinsi Kalimantan Timur dan Provinsi Kalimantan Utara, luas kawasan hutan di Provinsi Kalimantan Timur adalah Hutan Konservasi (KSA/KPA) seluas \pm 437.883 ha, Hutan Lindung (HL) \pm 1.803.203 ha, Hutan Produksi Terbatas (HPT) \pm 2.889.514 ha, Hutan Produksi Tetap (HP) \pm 3.025.397 ha, Hutan Produksi yang dapat di Konversi (HPK) \pm 120.606 ha, sehingga diketahui jumlah luas kawasan hutan : \pm 8.276.603 ha. Sementara luas Areal Penggunaan Lain (APL) \pm 4.305.060 ha dan tubuh air : \pm 162.625 ha sehingga diketahui luas keseluruhan lahan di Provinsi Kalimantan Timur adalah \pm 12.744.288 ha. Peta sebaran kawasan hutan dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta Kawasan Hutan di Provinsi Kalimantan Timur

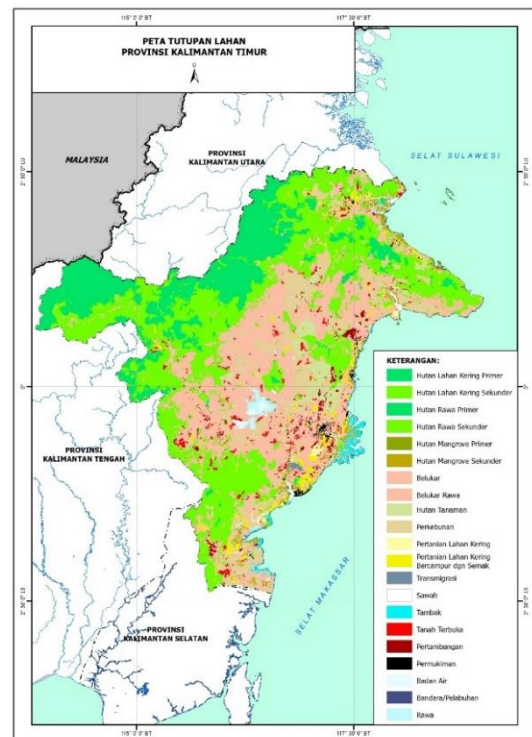
Kondisi penutupan lahan di wilayah Kalimantan Timur seperti dapat dilihat pada **Gambar 2**, pada umumnya berupa hutan lahan kering sekunder. Hutan-hutan yang masih utuh dan belum terganggu umumnya berada di wilayah pegunungan yaitu di wilayah Kalimantan Timur sebelah barat.

Kawasan hutan produksi yang seharusnya berupa kawasan hutan yang produktif pada kenyataannya di lapangan rata-rata berupa hutan-hutan sekunder ataupun semak belukar. Begitu pula kawasan hutan mangrove yang berlokasi di wilayah pesisir Kalimantan Timur, sebagian besar telah hilang dan berubah menjadi kawasan pertambakan.

Berbeda dengan kondisi hutan yang umumnya masih baik di wilayah Kalimantan Timur bagian Utara dan Barat, seperti ditunjukkan pada **Gambar 2**, kondisi hutan di bagian timur wilayah Kalimantan Timur lebih banyak berupa hutan sekunder ataupun belukar. Sebagaimana kita ketahui bagian timur wilayah Kalimantan Timur ini merupakan wilayah pesisir, yang lambat laun berkembang menjadi sentra-sentra

permukiman bahkan perkotaan sehingga proses pembangunan yang berlangsung tidak dapat dihindari dan tentu akan menimbulkan gangguan terhadap keberadaan hutan di wilayah itu. Kawasan hutan yang telah dimanfaatkan sebagai lahan pertanian termasuk perladangan berdasarkan pola penutupan lahan mencapai luas ± 367.117 hektar sedang yang digunakan untuk permukiman baik pedesaan maupun perkotaan mencapai luas ± 59.176 hektar.

Pola penutupan lahan menurut hasil analisis citra SPOT 6 pada tahun 2015 di wilayah Provinsi Kalimantan Timur didominasi oleh hutan lahan kering sekunder (33%), belukar (22,66%), dan hutan lahan kering primer (16,67%).



Gambar 2. Peta dan pola penutupan lahan di Provinsi Kalimantan Timur

Berdasar data, terdapat 200 izin perkebunan seluas $\pm 1.829.046$ ha, dari seluas hampir 2 juta hektar tersebut berdasarkan pola penutupan lahan diketahui bahwa masih terdapat pola penutupan lahan yang bukan perkebunan

atau lahan tidak produktif yang masih berpotensi untuk dikembangkan yaitu: hutan lahan kering primer seluas 8.077 ha, hutan lahan kering sekunder seluas 225.288 ha, hutan mangrove primer seluas 2.017 ha, hutan rawa kering seluas 1.370 ha, hutan tanaman seluas 38.418 ha, belukar seluas 597.216 ha, tanah terbuka seluas 70.498 ha, hutan mangrove sekunder seluas 7.580 ha, hutan rawa sekunder 24.375 ha, belukar rawa seluas 167.146 ha, rawa seluas 21.009 ha dengan jumlah total 1.162.294 ha atau 63,6 persen.

Selain itu diketahui kawasan hutan yang dibebani 118 unit izin IUPHHK seluas total 5.532.239 ha dan berdasarkan pola penutupan lahan diketahui bahwa masih terdapat lahan tidak produktif yang berpotensi untuk dikembangkan yaitu: belukar seluas 1.465.433 ha, tanah terbuka 72.920 ha, dan belukar rawa seluas 73.924 ha dengan jumlah total 1.612.277 ha atau 29,14 persen.

Izin pertambangan di Kalimantan Timur sampai saat ini telah diberikan kepada 1.238 unit usaha pertambangan dengan luas keseluruhan mencapai \pm 4.845.038 ha.

Menurut Hardjosoemantri (1989 dalam Moniaga 2011), untuk mengatasi penurunan daya dukung lahan dapat dilakukan antara lain dengan cara : 1). Konversi lahan, yaitu merubah jenis penggunaan lahan ke arah usaha yang lebih menguntungkan tetapi disesuaikan wilayahnya; 2). Intensifikasi lahan, dalam menggunakan teknologi baru dalam usaha tani; 3). Konservasi lahan, yaitu usaha untuk mencegah. Oleh karena itu mengingat luasan lahan-lahan tidak produktif dimaksud maka langkah selanjutnya adalah perlu dilakukan optimalisasi pemanfaatan sumber daya alam yang sesuai dengan pola ruangnya dengan melibatkan berbagai pihak secara terpadu. Upaya optimalisasi itu antara lain dapat dilakukan dengan cara:

(1) Tukar menukar kawasan hutan (TMKH) yaitu dengan menukar areal-areal perkebunan yang masih berhutan

dengan areal kawasan hutan yang tidak produktif.

- (2) Evaluasi terhadap izin-izin yang dianggap tidak produktif
- (3) Kerjasama dalam pengembangan tanaman pangan dan ternak (tebu, padi, jagung, dan sapi) dalam areal IUPHHK dan KPH sesuai peraturan (KLHK 2016a).
- (4) Pengembangan kegiatan perhutanan sosial berupa hutan desa, hutan kemasyarakatan, hutan tanaman rakyat, kemitraan kehutanan dan hutan adat sesuai peraturan (KLHK 2016b).
- (5) Kerjasama kemitraan antara kebun inti dengan kebun plasma sesuai peraturan (Kementan 2006).
- (6) Upaya meningkatkan hasil-hasil produksi dengan cara intensifikasi, diversifikasi, mekanisasi, rehabilitasi, serta ekstensifikasi.

8. Analisis usulan perubahan kawasan hutan

Apabila sesuai dengan analisis kebutuhan lahan, ternyata diketahui bahwa Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur masih memerlukan tambahan lahan pasca perhitungan kebutuhan lahan di atas dan telah dilakukan pengoptimalan lahan-lahan tidak produktif yang ada maka usulan perubahan kawasan hutan tidak dapat dihindari dan dapat dilakukan dengan analisis spasial lebih lanjut setelah dengan terlebih dahulu menetapkan berbagai kriteria sesuai dengan peraturan perundang-undangan, kondisi fisik, yuridis dan sosial budaya faktual di lapangan.

Peraturan-peraturan yang berlaku yang digunakan sebagai landasan dalam menentukan kriteria dan analisis secara spasial adalah PP 26 Tahun 2008, PP 44 Tahun 2004, PP 68 Tahun 1998, PP 6 Tahun 2007 jo. PP 3 Tahun 2008, PP 104 Tahun 2015, Kepres No. 32 Tahun 1990, dan Kepmentan No SK.837/Kpts/Um/11/1980. Kriteria yang diturunkan

dari peraturan dan yang dibangun didasarkan pada pertimbangan teknis dan ilmiah perlindungan sumber daya alam yang obyektif yang lebih dahulu diterjemahkan menjadi informasi spasial baru untuk selanjutnya dilakukan analisis spasial dengan GIS.

Berdasarkan kriteria di atas, optimasi usulan perubahan kawasan hutan di perkenankan pada :

- (1) Kawasan hutan yang tidak berfungsi KSA/KPA dan HL sesuai SK. 718/Menhut-II/2014. Perubahan peruntukan kawasan hutan KSA/KPA dan HL, mempunyai nilai strategis yang perlu mendapat perhatian karena dapat menimbulkan isu konservasi dan lingkungan baik di tingkat lokal, nasional maupun internasional.
- (2) Kawasan hutan yang tidak berada pada kawasan lindung berdasarkan RTRWP (Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 1 Tahun 2016 tanggal 15 Februari 2016 tentang rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Kalimantan Timur Tahun 2016 – 2036).
- (3) Kawasan hutan yang penutupan lahannya bukan hutan. Kawasan hutan yang masih berhutan yang umumnya berupa hutan alam dipertahankan sebagai kawasan hutan. Hal ini

diperlukan untuk mempertahankan eksistensi hutan yang masih ada, mengingat kesulitan dan lamanya waktu yang diperlukan untuk terwujudnya ekosistem yang sama dengan hutan alam yang ada.

- (4) Kawasan hutan yang tidak berada pada kawasan rawan bencana yang tinggi (peta indeks rawan bencana Provinsi Kalimantan Timur, Badan Nasional Penanggulangan Bencana)
- (5) Skoringsnya < 125.
- (6) Kawasan hutan yang bebas perizinan. Hak-hak yang telah dimiliki oleh orang/pihak lain berdasarkan keputusan dari Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan atau pihak yang berwenang tetap dihormati sampai ijin yang bersangkutan berakhir. Untuk itu, maka kawasan hutan yang telah diterbitkan perizinan dipertahankan fungsinya dan statusnya sampai dengan ijin berakhir.

Setelah dilakukan analisis dengan kriteria di atas maka diperoleh hasil bahwa usulan perubahan kawasan hutan masih dapat dilakukan pada 8 kabupaten/kota dengan luas total ±132.578,57 ha dengan perincian sebagaimana Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Sebaran areal yang dapat diusulkan perubahannya tiap Kabupaten di Provinsi Kalimantan Timur

Kabupaten/Kota	Fungsi Kawasan Hutan (Ha)			Jumlah (Ha)
	HPT	HP	HPK	
Balikpapan	-	0,04	-	0,04
Berau	44,82	16.830,15	3.165,67	20.040,64
Bontang	-	-	87,40	87,40
Kutai Barat	90,59	114,58	140,24	345,41
Kutai Kartanegara	-	105.894,09	1.792,69	107.686,78
Kutai Timur	192,63	1.026,51	678,96	1.898,10
Paser	-	486,08	1.942,32	2.428,40
Penajam Paser Utara	-	91,36	0,46	91,81
Jumlah	328,04	124.442,80	7.807,73	132.578,57

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa kebutuhan lahan di Kalimantan Timur adalah seluas 717.170 ha, sementara ketersediaan lahan adalah seluas 2.091.216 ha dengan demikian status daya dukung lahan untuk saat ini surplus 1.374.046 Ha bahkan hingga 20 tahun yang akan datang masih surplus 975.814,23 Ha. Selanjutnya diketahui bahwa masih terdapat lahan tidak produktif seluas 2.774.571 ha (1.162.294 ha atau 63,6% yang berada pada areal perkebunan dan 1.612.277 ha atau 29,14 % berada pada areal perizinan IUPHHK). Apabila dianggap masih memerlukan tambahan lahan APL, setelah dilakukan optimasi terhadap usulan perubahan kawasan hutan ternyata masih dimungkinkan untuk dilakukan usulan perubahan kawasan hutan pada 8 (delapan) kabupaten/kota dengan luas keseluruhan ±132.578,57 ha.

DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2017. Laporan hasil survei volume penjualan eceran beras, Kota Samarinda Semester II Tahun 2016. Jakarta (ID)
- [Kemenhut] Kementerian Kehutanan. 2012. Laporan Tim Terpadu Dalam Rangka Pengkajian Perubahan Kawasan Hutan Dalam Usulan Revisi Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Kalimantan Timur. Jakarta (ID)
- [Kementan 2006] Peraturan Menteri Pertanian Nomor : 33/Permentan/OT.140/7/2006 tentang Pengembangan Perkebunan Melalui Program Revitalisasi Perkebunan. Jakarta (ID)
- [Kementan 1980] Keputusan Menteri Pertanian Nomor SK.837/Kpts/ Um/11/1980 tentang Kriteria dan Tata Cara Penetapan Hutan Lindung. Jakarta (ID)
- [KLH 2009] Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 17 tahun 2009 tentang Pedoman Penentuan Daya Dukung Lingkungan Hidup Dalam Penataan Ruang Wilayah. Jakarta (ID)
- [KLHK 2016a] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.81/MENLHK/SETJEN/KUM.1/10/2016 Tentang Kerjasama Penggunaan Dan Pemanfaatan Kawasan Hutan Untuk Mendukung Ketahanan Pangan. Jakarta (ID)
- [KLHK 2016b] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.83/MENLHK/SETJEN/KUM.1/10/2016 Tentang Perhutanan Sosial. Jakarta (ID)
- [Setneg 2015] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 104 Tahun 2015 tentang Tata Cara Perubahan Peruntukan dan Fungsi Kawasan Hutan. Jakarta (ID). Lembaran Negara RI tahun 2015 nomor 326. Jakarta (ID)
- Hardjowigeno S, Widiatmaka. 2007. Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tataguna Tanah. Yogyakarta (ID) : Gadjah Mada University Press.
- Moniaga VRB. 2011. Analisis Daya Dukung Lahan Pertanian. ASE 7(3) : 61-68.
- Sitorus SRP. 1989. Survai Tanah dan Penggunaan Lahan. Bogor (ID) : Laboratorium Perencanaan Pengembangan Sumber Daya Lahan, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, IPB.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan. Lembaran Negara RI Tahun 1999 no 167. Jakarta (ID)

Journal of Environmental Engineering and Waste Management

Dewan redaksi menerima tulisan ilmiah yang merupakan karya orisinal penulis yang dapat berupa hasil penelitian, rekayasa atau telaah ilmiah di bidang keteknikan lingkungan, pengelolaan lingkungan, ilmu lingkungan dan pengelolaan limbah. Penulisan karya ilmiah yang akan diterbitkan mengacu pada aturan penulisan sebagai berikut :

1. **Judul (Title)**. Judul ditulis dengan huruf kapital dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris dalam kalimat lengkap secara jelas dan singkat. Judul menggambarkan apa yang menjadi pokok dalam tulisan. Penulisan dengan font Times New Roman ukuran 14.
2. **Nama Penulis (Author[s])**. Nama penulis ditulis dibawah judul secara lengkap tanpa menuliskan jabatan, struktural/fungsional ataupun gelar. Diikuti dengan menuliskan instansi serta alamat yang jelas untuk setiap penulis, termasuk e-mail. Penulisan dengan font Times New Roman ukuran 10 dengan jarak 1 spasi.
3. **Abstrak (Abstract)**. Abstrak ditulis dalam bahasa Inggris dan bahasa Indonesia (masing-masing dalam 1 paragraf). Abstrak mencakup apa yang dilakukan, bagaimana cara melakukannya, hasil yang diperoleh, serta informasi apa yang merupakan paparan dari hasil tersebut. Abstrak ditulis dengan Times New Roman ukuran font 10 dengan jarak 1 spasi, diikuti oleh kata kunci (*keywords*) 3-5 kata ditulis miring (*italic*). Kata kunci ditulis secara alfabetis.
4. **Pendahuluan (Introduction)**. Pendahuluan merupakan latar belakang serta permasalahan yang menjadi perhatian serta tinjauan ringkas tentang hal tersebut, boleh diisi dengan teori yang ringkas bila memang sangat menentukan dalam pembahasan (ditulis dengan jarak 1 spasi).
5. **Bahan dan Metode (Materials and Methods)**. Tuliskan semua bahan, peralatan dan metode yang digunakan dalam penelitian/rekayasa mengikuti peraturan umum penulisan secara jelas dan ringkas).
6. **Hasil dan Pembahasan (Results and Discussion)**. Hasil penelitian ditampilkan dalam bentuk tabel atau gambar dan harus dirujuk dalam pembahasan. Penomoran tabel dan gambar dilakukan secara berurutan dimulai dari nomor 1 dan seterusnya. Judul tabel/gambar ditulis dengan Times New Roman, ukuran huruf 10, spasi 1. Data dalam bentuk foto agar dikirim dengan resolusi tinggi. **Gambar, Grafik dan Diagram**. Keterangan gambar grafik dan diagram ditulis di bawahnya. Nomor gambar dicetak tebal (bold) sedangkan keterangannya normal. **Tabel**. Keterangan tabel ditulis di atas tabel (center alignment). Nomor tabel dicetak tebal (bold) sedangkan keterangan/judul tabel normal.
7. **Kesimpulan (Conclusion)**. Suatu ringkasan menyeluruh dari semua aspek hasil penelitian yang berkaitan langsung dengan tujuan penelitian. Ditulis dalam satu paragraf.
8. **Ucapan terima kasih (Acknowledgment [s])**. Disampaikan kepada yang berhak mendapatkannya, seperti penyandang dana, pihak yang membantu dalam penelitian ataupun penulisan serta narasumber/perorangan yang dipandang layak dihargai (opsional).
9. **Daftar Pustaka (References)**. Daftar pustaka ditulis dengan font Times New Roman ukuran 10 dengan jarak penulisan 1 spasi berurutan mulai dari nomor 1 dan seterusnya sesuai dengan urutan kemunculannya pada sitasi/pengacuan dalam tulisan (pendahuluan sampai dengan hasil dan pembahasan).
 - Apabila yang diacu adalah buku maka ditulis secara berurutan : Nama penulis (nama penulis yang pertama dibalik posisinya kemudian diikuti nama penulis kedua dan ketiga). (Tahun Terbit). *Judul Buku*. Edisi Terbitan. Tempat Terbit : Penerbit (Contoh : Sawyer Clair N, Mc Carty Perry L. and Parkin Gene F. (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science, Fifth Edition*. Boston : Mc Graw Hill
 - Apabila yang diacu artikel dalam jurnal maka ditulis secara berurutan : Nama Penulis. (Tahun Terbit). *Judul Jurnal*. Jilid diikuti nomor jurnal : halaman (Contoh : Rytwo, G. (2012) The Use of Clay-Polymer Nanocomposites in Wastewater Pretreatment. *The Scientific World Journal*, 71 (12) : 48-60).
 - *Et al.* hanya berlaku bila penulis lebih dari 11 orang.
10. **Cara Penulisan Sitasi (Citation)**. Penulisan sitasi pada awal kalimat mengikuti : Menurut Sidjabat (2013), atau diakhir kalimat :(Sidjabat 2013)
11. Jumlah halaman minimal 7 dan maksimal 12 halaman A4 termasuk lampiran-lampiran. Seluruh isi artikel ditulis dalam font Times New Roman ukuran 12 dengan jarak penulisan 1 spasi. Semua judul bab ditulis dengan huruf kapital. Naskah ditulis dalam 2 kolom.