

Volume 3 Nomor 3 Tahun 2019
D e s e m b e r 2 0 1 9

JURNAL PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN

(Journal of Environmental Sustainability Management)

Jurnal ini dikelola oleh :

Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan (BKPSL) se-Indonesia

Sekretariat Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (JPLB)

Gedung Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH-IPB) Lantai 4

Kampus IPB Dramaga Bogor 16680

Telp. 0251 – 8621262, 8621085; Fax. 0251 – 8622134

Homepage jurnal : <http://www.bkpsl.org/ojswp/index.php/jplb>

E-mail : jplb@bkpsl.org / jurnalbkpsl@gmail.com

JURNAL PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN (JPLB)/ *Journal of Environmental Sustainability Management (JESM)*

Penanggung Jawab

Ketua Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan (BKPSL) se-Indonesia

Dewan Editor

Lingkungan Geofisik dan Kimia

Prof. Tjandra Setiadi, Ph.D (ITB)

Dr. M. Pramono Hadi, M.Sc (UGM)

Lingkungan Sosial dan Humaniora

Prof. Dr.Ir. Emmy Sri Mahreda, M.P (ULM)

Andreas Pramudianto, S.H., M.Si (UI)

Lingkungan Biologi (Biodiversity)

Prof. Dr. Okid Parama Astirin, M.S (UNS)

Dr. Suwondo, M.Si (Unri)

*Kesehatan Masyarakat dan Kesehatan
Lingkungan*

Dr. Drs. Suyud Warno Utomo, M.Si (UI)

Dr. Indang Dewata, M.Sc (UNP)

Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan

Dr. Ir. Agus Slamet, DiplSE, M.Sc (ITS)

Dr. Ir. Sri Utami, M.T (UB)

Ketua Editor Pelaksana

Prof. Dr. Ir. Hefni Effendi, M.Phil (IPB)

Asisten Editor

Dr. Melati Ferianita Fachrul, M.Si (Usakti)

Gatot Prayoga, S.Pi (IPB)

Sekretariat

Dra. Nastiti Karliansyah, M.Si (UI)

Alamat Redaksi

Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (JPLB)

Gedung Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH-IPB) Lantai 4

Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

Telp. 0251 – 8621262, 8621085; Fax. 0251 – 8622134

Homepage jurnal : <http://www.bkpsl.org/ojswp/index.php/jplb>

E-mail : jplb@bkpsl.org / jurnalbkpsl@gmail.com

Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan (BKPSL) se-Indonesia bekerjasama dengan Pusat Penelitian Lingkungan Hidup – Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor (PPLH-LPPM, IPB) mengelola bersama penerbitan JPLB sejak tahun 2017, dengan periode terbit tiga nomor per tahun. Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (JPLB) menyajikan artikel ilmiah mengenai pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan dari segala aspek. Setiap naskah yang dikirimkan ke Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan ditelaah oleh mitra bestari.

Kesesuaian rencana pembangunan kampus PDD-PSDKU IPB Sukabumi dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Sukabumi

Mursalin^{1*}, G. Prayoga¹, T. Permadi¹

¹Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

Abstrak.

Program studi di luar domisili (PDD)–program studi di luar kampus utama (PSDKU) adalah program yang diinisiasi dan difasilitasi oleh Pemerintah Provinsi Jawa Barat bekerja sama dengan IPB yang direncanakan berlokasi di Kota Sukabumi. Tujuannya untuk pemerataan akses pendidikan, peningkatan kapasitas sumber daya manusia, serta pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di Jawa Barat. Berdasarkan regulasi yang berlaku, rencana pembangunan ini wajib memiliki AMDAL, yang dalam prosesnya wajib mematuhi kesesuaian terhadap rencana tata ruang wilayah (RTRW) kawasan tersebut. Hal itu juga termasuk ke dalam skema penilaian dokumen AMDAL pada uji tahap proyek. Tulisan ini hendak mengkaji bagaimana kesesuaian program pembangunan kampus terhadap RTRW yang ada. Gedung kampus direncanakan dibangun di Kelurahan Babakan, Kecamatan Cibeureum, Kota Sukabumi. Kajian berlangsung pada tahun 2018, dengan melakukan tumpang susun (*overlay*) menggunakan *software* ArcGIS versi 10.4.1 antara titik koordinat lokasi rencana pembangunan dengan RTRW Kota Sukabumi periode tahun 2011-2031. Hasil *overlay* menunjukkan bahwa lokasi rencana pembangunan adalah sesuai berdasarkan tiga poin yang diatur yakni rencana struktur ruang, rencana pola ruang dan rencana penetapan kawasan strategis Kota Sukabumi. Program rencana pembangunan PDD-PSDKU IPB Sukabumi sangat sesuai dengan peruntukan ruang yang diatur, yakni berada di dalam kawasan pendidikan dan pembangunan sarana pendidikan.

Kata kunci: RTRW, PDD-PSDKU, kampus, Sukabumi, IPB

Abstract.

The study program outside the domicile (PDD)-the study program outside the main campus (PSDKU) is a program initiated and facilitated by the West Java Provincial Government in collaboration with IPB which is planned to be located in Sukabumi City. The goal is to equalize access to education, increase human resource capacity and develop science and technology in West Java. Based on the applicable regulations, this development plan must have an EIA document, which in the process must comply with the existing regional spatial plan (RTRW) of this area. This is also included in the EIA document judgement scheme at the project stage test. This paper aimed to examine the suitability of the campus development program toward the existing RTRW. The campus building is planned to be built in Babakan Village, Cibeureum District, Sukabumi City. The study took place in 2018, by overlaying using ArcGIS software version 10.4.1 between the coordinates of the development plan location with the Sukabumi City RTRW for the period of 2011-2031. The overlay results indicated that the location of the development plan is appropriate based on the three points, namely the spatial structure plan, the spatial pattern plan and the determining of strategic area plan of Sukabumi City. The campus PDD-PSDKU IPB Sukabumi development program is in accordance with the space allocation, which is located in the education area and development of educational facilities area.

Keywords: RTRW, PDD-PSDKU, campus, Sukabumi, IPB

1. PENDAHULUAN

Pemerintah Provinsi Jawa Barat menginisiasi dan memfasilitasi pengembangan program studi di luar domisili (PDD)–program studi di luar kampus utama (PSDKU) bersama dengan tiga perguruan tinggi ternama di Jawa Barat yaitu ITB, IPB dan Unpad. Program tersebut bertujuan dalam rangka pemerataan akses pendidikan, peningkatan kapasitas sumber daya manusia (SDM), pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di Jawa Barat. Selain itu,

* Korespondensi Penulis
Email : mursalin_1000island@yahoo.co.id

program ini juga tercantum dalam izin pendirian perguruan tinggi dan/atau izin penyelenggaraan program studi yang ditetapkan dalam PerMenDikNas Nomor 20 Tahun 2011.

Saat ini, IPB menjadi salah satu perguruan tinggi negeri yang mendapatkan mandat untuk menyelenggarakan PDD-PSDKU di Kota Sukabumi. Dasar hukum penyelenggaraannya: (1) UU Nomor 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional, (2) PerMenDikNas Nomor 20 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Program Studi Di Luar Domisili Perguruan Tinggi dan (3) PerDa Provinsi Jawa Barat Nomor 25 tahun 2013 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Provinsi Jawa Barat (RPJMD) tahun 2013–2018.

Arah pengembangan tata kelola kampus PDD-PSDKU IPB Sukabumi akan disiapkan menjadi kampus berbasis IT (*information technology*) meliputi tiga hal besar yaitu transaksi data, data *storage* dan *business intelligent*. Arah pengembangan kurikulum sekolah vokasi PDD-PSDKU IPB Sukabumi secara garis besar akan mengusung 6 (enam) dimensi, yaitu *hard skill* di bidang pertanian terpadu dan lima *softskill* meliputi *leadership*, *entrepreneurship*, *social awareness*, *environmental and sustainability* dan *ethic/value*.

Berdasarkan UU Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, PP Nomor 27 Tahun 2012 tentang Izin Lingkungan dan PerMenLH Nomor 5 Tahun 2012 tentang Jenis Rencana Usaha dan/atau Kegiatan yang Wajib memiliki Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL), bahwa rencana pembangunan kampus PDD-PSDKU IPB Sukabumi dengan luas lahan ≥ 5 ha ($\pm 14,1$ ha) wajib memiliki AMDAL. Salah satu syarat wajib dalam proses kajian lingkungan suatu pembangunan adalah terpenuhinya kesesuaian lokasi rencana kegiatan dengan rencana tata ruang wilayah (RTRW) baik nasional, provinsi, atau kabupaten/kota, sesuai ketentuan peraturan perundangan. Merujuk pada PerMenLH Nomor 8 Tahun 2013 tentang Tata Laksana Penilaian dan Pemeriksaan Dokumen Lingkungan Hidup serta Penerbitan Izin Lingkungan, kesesuaian rencana usaha dan/atau kegiatan dengan RTRW termasuk dalam uji tahap proyek (pada skema penilaian AMDAL).

Perencanaan tata ruang mengacu pada metode yang digunakan sebagian besar oleh sektor publik, yakni untuk mempengaruhi distribusi kegiatan dalam satuan ruang tertentu pada masa yang akan datang (CEC 1997 in Morphet 2011). Perencanaan tata ruang juga merupakan instrumen atau alat untuk pembangunan berkelanjutan, karena secara efektif dapat memastikan suatu pembangunan yang berkelanjutan dengan sistem perencanaan baru yang menyeimbangkan kepentingan-kepentingan dari berbagai pihak pengguna ruang (Gorzym-Wilkowski 2017).

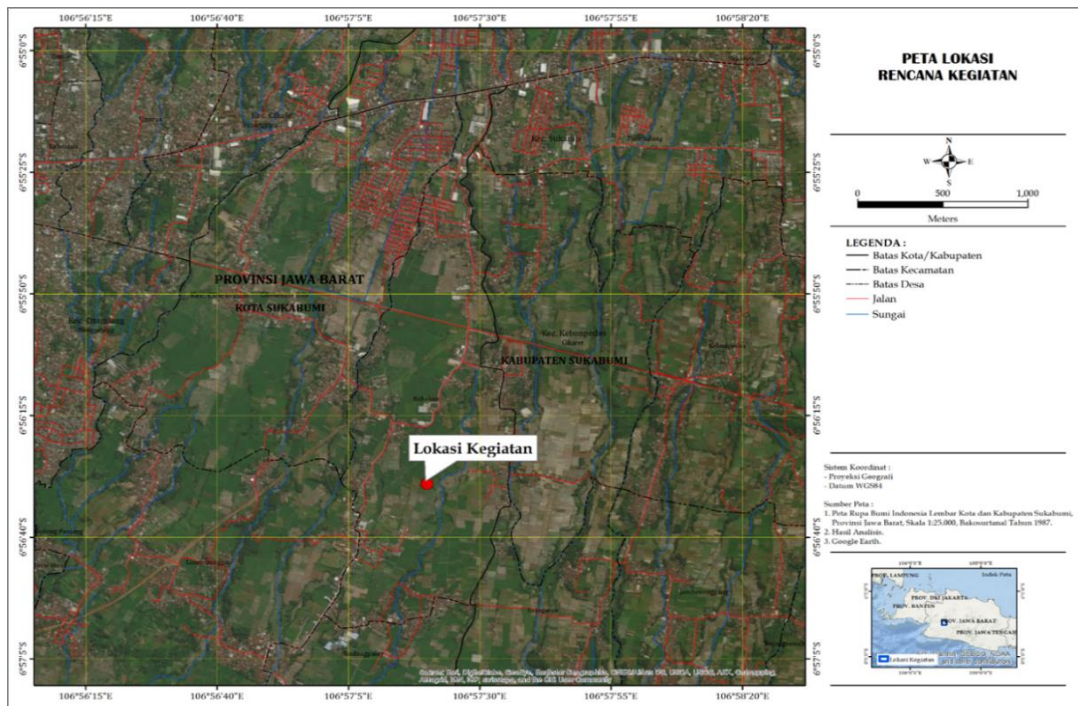
Oleh karena itu, urgensi dari kesesuaian terhadap rencana tata ruang ini sangatlah penting untuk ditaati dan dilaksanakan pihak perencana kegiatan.

Informasi kesesuaian tersebut umumnya disajikan dalam bentuk peta tumpang susun (*overlay*) antara peta batas tapak proyek rencana kegiatan dengan peta RTRW yang berlaku. Tulisan ini mengkaji bagaimana kesesuaian program rencana pembangunan PDD-PSDKU IPB Sukabumi dengan RTRW yang ada sesuai ketentuan peraturan perundangan.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Gedung kampus PDD-PSDKU IPB Sukabumi direncanakan dibangun di Kelurahan Babakan, Kecamatan Cibeureum, Kota Sukabumi pada titik koordinat 106°57'20" BT dan 06°56'29" LS (**Gambar 1**). Luas lahan keseluruhan yang disiapkan untuk pembangunan kampus PDD-PSDKU IPB Sukabumi sebesar ±14,1 ha yang saat ini masih berupa sawah dan kebun lahan kering. Waktu pelaksanaan kajian berlangsung pada tahun 2018.



Gambar 1. Lokasi rencana pembangunan kampus PDD-PSDKU IPB di Kota Sukabumi.

2.2. Prosedur analisis data

Kajian ini dilakukan dengan melakukan tumpang susun (*overlay*) antara titik koordinat dari lokasi rencana pembangunan kampus PDD-PSDKU IPB Sukabumi dengan rencana tata ruang wilayah (RTRW) Kota Sukabumi periode tahun 2011-2031. Tumpang susun atau *overlay* bertujuan untuk mengetahui

secara visual kesesuaian titik koordinat lokasi terhadap peruntukkan kawasan yang telah diatur dalam RTRW yang berlaku (Dekolo and Oduwaye 2005; Trung *et al.* 2006; Bunch *et al.* 2012). Proses *overlay* menggunakan *software* ArcGIS versi 10.4.1 (Wang *et al.* 2014; Effendi *et al.* 2018a; Effendi *et al.* 2018b).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Merujuk pada PerDa Kota Sukabumi Nomor 11 Tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Sukabumi Tahun 2011-2031, terdapat tiga poin yang dapat dijadikan perbandingan kesesuaian dengan RTRW Kota Sukabumi. Tiga poin yang dapat dijadikan perbandingan adalah: 1) Kesesuaian terhadap rencana struktur ruang Kota Sukabumi; 2) Kesesuaian terhadap rencana pola ruang Kota Sukabumi; 3) Kesesuaian terhadap rencana penetapan kawasan strategis kota (KSK) Sukabumi.

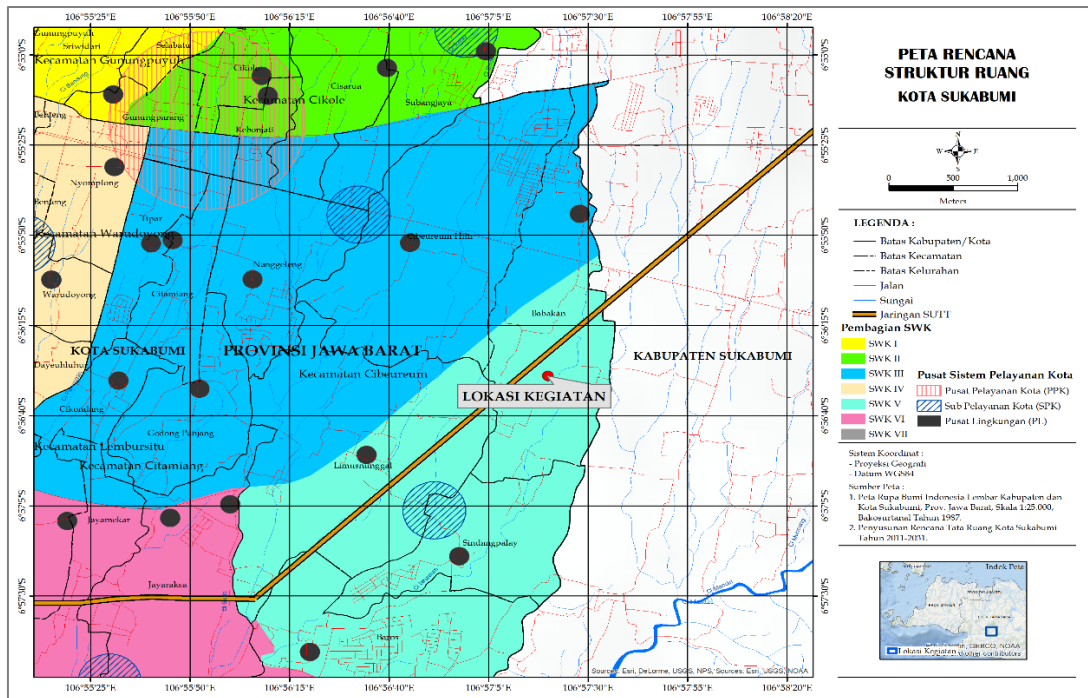
3.1. Kesesuaian terhadap rencana struktur ruang Kota Sukabumi

Lokasi rencana pembangunan kampus PDD-PSDKU IPB Sukabumi berdasarkan rencana struktur ruang dalam RTRW Kota Sukabumi termasuk dalam Sub Wilayah Kota (SWK) V (**Gambar 2**). SWK V dengan luas ± 623 ha salah satunya mencakup sebagian Kelurahan Babakan. Berdasarkan fungsinya, SWK V memiliki fungsi sebagai lokasi rencana pengembangan pendidikan tinggi dan perkantoran pemerintahan.

Fakta di atas menunjukkan bahwa lokasi yang akan digunakan sebagai rencana pembangunan kampus PDD-PSDKU IPB Sukabumi, tepatnya di Kelurahan Babakan, sangatlah sesuai dengan peruntukan rencana struktur ruang yang ada. Pendidikan tinggi yang akan disediakan oleh IPB melalui Program Pemerintah Provinsi Jawa Barat ini juga dapat menjadi solusi bagi kurangnya sarana pendidikan tinggi dengan kualitas yang mumpuni di Kota maupun Kabupaten Sukabumi.

3.2. Kesesuaian terhadap rencana pola ruang Kota Sukabumi

Berdasarkan rencana pola ruang Kota Sukabumi dalam RTRW yang ada, lokasi rencana pembangunan kampus PDD-PSDKU IPB Sukabumi masuk ke dalam rencana kawasan budi daya. Rencana Kawasan Budi Daya sebagaimana dimaksud dalam Pasal 37 ayat (1) huruf b PerDa Kota Sukabumi Nomor 11 Tahun 2012, meliputi kawasan perumahan, perdagangan dan jasa, peruntukan industri, ruang terbuka non hijau, perkantoran, pariwisata, peruntukan ruang bagi sektor informal dan peruntukan lainnya (pelayanan kesehatan, pelayanan pendidikan, pertanian, penelitian, pergudangan, pertahanan dan keamanan).

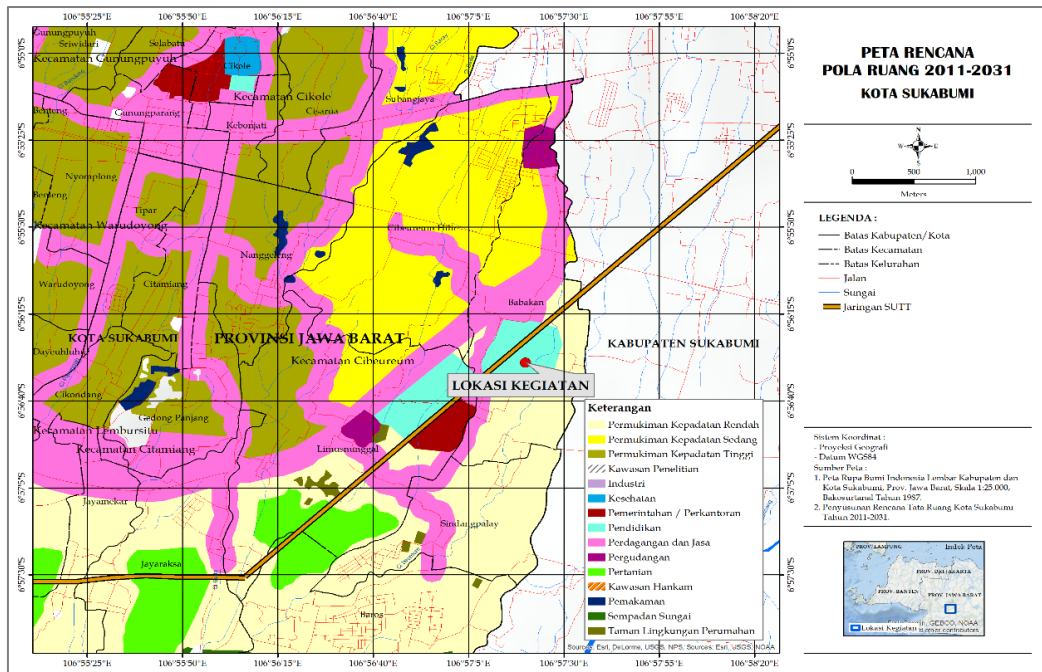


Gambar 2. Kesesuaian lokasi rencana pembangunan PDD-PSDKU IPB di Kota Sukabumi dengan rencana struktur ruang dalam RTRW Kota Sukabumi periode tahun 2011-2031.

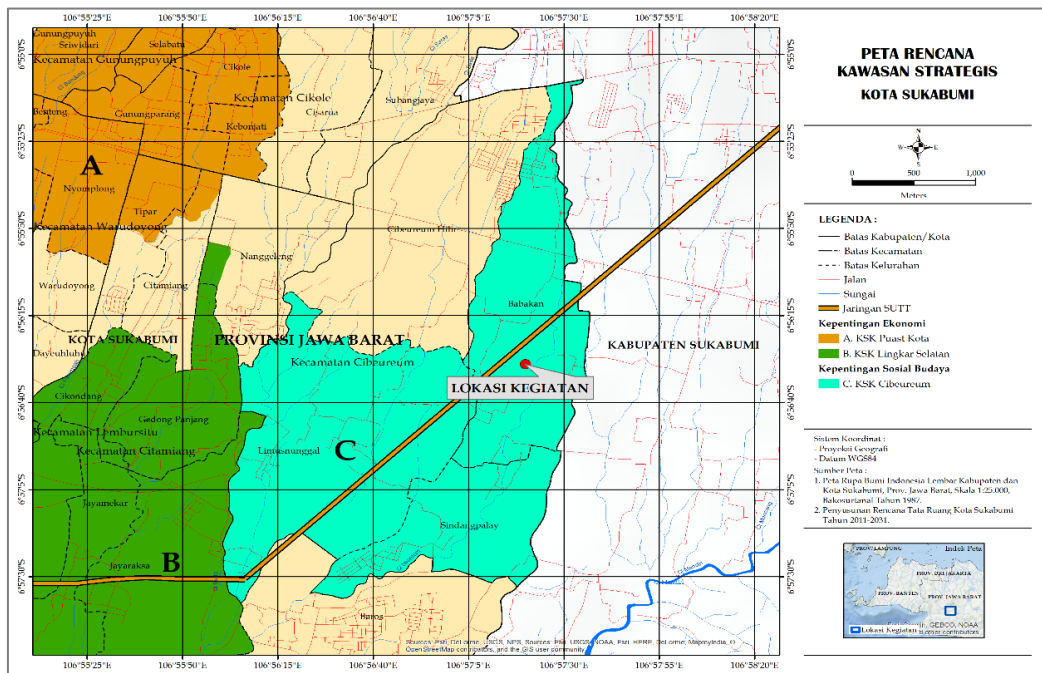
Hasil *overlay* terhadap peta rencana pola ruang Kota Sukabumi 2011-2031, lokasi rencana pembangunan berada pada kawasan peruntukan lainnya, yaitu sebagai kawasan pelayanan pendidikan (**Gambar 3**). Hal tersebut semakin memperkuat hasil sebelumnya, karena dengan begitu terdapat dua bukti yang menunjukkan bahwa lokasi rencana pembangunan kampus ini sangat sesuai dengan peruntukan yang tertera dalam RTRW Kota Sukabumi.

3.3. Kesesuaian terhadap rencana penetapan kawasan strategis kota (KSK) Sukabumi

Penetapan KSK Sukabumi meliputi 3 arah pengembangan yakni KSK pusat kota dengan sudut kepentingan ekonomi, KSK lingkaran selatan dengan sudut kepentingan ekonomi dan KSK Cibeureum dengan sudut kepentingan sosial budaya. Secara administratif dan diperkuat dengan hasil *overlay* peta (**Gambar 4**), lokasi rencana pembangunan kampus berada pada KSK Cibeureum. Berdasarkan PerDa Kota Sukabumi Nomor 11 Tahun 2012 Pasal 65 Ayat (2), KSK Cibeureum direncanakan sebagai daerah penataan kawasan zona inti pendidikan dan kawasan perkantoran pemerintah, serta pengembangan fasilitas pendukung kegiatan pendidikan dan fasilitas transportasi penunjang kawasan pendidikan & kawasan perkantoran.



Gambar 3. Kesesuaian lokasi rencana pembangunan PDD-PSDKU IPB di Kota Sukabumi dengan rencana pola ruang dalam RTRW Kota Sukabumi periode tahun 2011-2031.



Gambar 4. Kesesuaian lokasi rencana pembangunan PDD-PSDKU IPB di Kota Sukabumi dengan rencana penetapan kawasan strategis dalam RTRW Kota Sukabumi periode tahun 2011-2031.

Pembangunan kampus PDD-PSDKU IPB Sukabumi menilik pada sisi kebutuhan akan pendidikan tinggi di Kota/Kabupaten Sukabumi, cukup penting untuk dilakukan. Pendidikan adalah faktor penting dalam rangka peningkatan kualitas SDM guna menunjang keberhasilan pembangunan di suatu daerah. Menurut Suparno (2009) *in* Purnomo (2012), SDM merupakan hal yang penting karena keunggulan kompetitif sebuah negara pada akhirnya akan ditentukan oleh kualitas SDM yang dimiliki negara tersebut.

Salah satu variabel untuk melihat kualitas SDM yang sekaligus juga dasar adanya pendirian kampus PDD-PSDKU IPB Sukabumi adalah Angka Partisipasi Kasar Jenjang Pendidikan Tinggi (APK PT). APK PT adalah perbandingan antara jumlah murid pada jenjang pendidikan tinggi dengan penduduk kelompok usia sekolah yang sesuai. Nilai dari APK PT dinyatakan dalam bentuk persentase. APK PT Kota dan Kabupaten Sukabumi dalam kurun waktu 2011-2015 mengalami kecenderungan meningkat, namun relatif masih jauh berada di bawah APK PT Nasional (31,1%), terutama untuk Kabupaten Sukabumi (**Tabel 1**). Nilai tersebut akan semakin jauh tertinggal apabila dibandingkan dengan APK PT Nasional milik negara lain seperti Malaysia, Thailand, Singapura dan terutama Korea Selatan (**Tabel 2**).

Tabel 1. Angka partisipasi kasar jenjang pendidikan tinggi (APK PT) di Kota dan Kabupaten Sukabumi tahun 2011-2015.

No	Tahun	APK PT (%)	
		Kota Sukabumi	Kabupaten Sukabumi
1	2011	13,31	7,83
2	2012	20,52	7,83
3	2013	27,05	17,57
4	2014	23,35	19,40
5	2015	21,63	12,64

Sumber : BPS Provinsi Jawa Barat (2018)

Tabel 2. Angka partisipasi kasar jenjang pendidikan tinggi (APK PT) di beberapa negara Asia.

No	Negara	APK PT (%)
1	Malaysia	38,0
2	Thailand	54,0
3	Singapura	78,0
4	Korea Selatan	98,2

Sumber : Republika.co.id (2017)

Selama kurun waktu 2014-2016, berdasarkan data BPS Kota Sukabumi (2017), persentase rata-rata jumlah penduduk usia sekolah cukup banyak yakni sebesar 22,33% atau sebanyak 70.996 jiwa. Jumlah penduduk rata-rata pada usia SLTA kurang lebih sebanyak 22,65% atau 16.016 jiwa. Jumlah tersebut

sangatlah besar dan sebanyak kurang lebih 16 ribu jiwa tersebut adalah jumlah calon potensial yang akan selalu tersedia untuk melanjutkan ke jenjang pendidikan tinggi setiap tahunnya. Jumlah tersebut pula yang kini membutuhkan sarana atau wadah untuk menampung potensi yang dimiliki.

Hadirnya IPB di Kota Sukabumi melalui program PDD-PSDKU IPB Sukabumi dirasa akan menjadi solusi bagi kekurangan yang saat ini dimiliki. Apalagi IPB berfokus pada bidang ilmu pertanian secara luas mulai dari pertanian itu sendiri, lalu perikanan, kehutanan dan peternakan. Selain itu, dengan visinya menjadi kampus berbasis IT, bidang-bidang ilmu tersebut akan diarahkan pada aplikasi bersama teknologi masa kini, sehingga modernisasi akan semakin dikenal oleh para civitas akademiknya, yang juga memiliki potensi besar yang perlu dikembangkan dengan sentuhan ilmu pengetahuan dan teknologi. Potensi besar tersebut seperti adanya ekosistem laut disertai aktivitas pelabuhannya, ekosistem hutan dan potensi peternakan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pada uraian di atas, bahwa program rencana pembangunan PDD-PSDKU IPB Sukabumi sangat sesuai dengan RTRW Kota Sukabumi periode tahun 2011-2031. Berdasarkan rencana struktur ruang, rencana pola ruang dan rencana penetapan kawasan strategis Kota Sukabumi, lokasi rencana pembangunan kampus berada di dalam kawasan pendidikan dan pembangunan sarana pendidikan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi, Institut Pertanian Bogor Cq. Program Studi di Luar Domisili/Program Studi di Luar Kampus Utama Institut Pertanian Bogor di Kota Sukabumi dan Pemerintah Kota Sukabumi yang telah memfasilitasi kajian ini dan atas kerja samanya dalam penyediaan data serta informasi sehingga tulisan ini dapat terselesaikan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik Kota Sukabumi. 2017. Kota Sukabumi dalam angka 2017. BPS Kota Sukabumi. Sukabumi.
- [BPS] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat. 2018. Angka partisipasi kasar (APK) menurut kabupaten/kota dan jenjang pendidikan tahun 2011-2015 [internet]. Tersedia di: <https://jabar.bps.go.id/statictable/2016/10/02/99/angka-partisipasi-kasar-apk-menurut-kabupaten-kota-dan-jenjang-pendidikan-tahun-2011-2015.html>.

- Bunch MJ, Kumaran TV and Joseph R. 2012. Using geographic information systems (GIS) for spatial planning and environmental management in India: critical considerations. *International Journal of Applied Science and Technology* 2(2):40-54.
- Dekolo SO and Oduwaye L. 2005. GIS in urban and regional planning. NITP Lagos State Chapter CPD Workshop. 1-15.
- Effendi H, Permatasari PA, Muslimah S and Mursalin. 2018a. Water quality of Cisadane River based on watershed segmentation. *IOP: Earth and Environmental Science* 149(2018) 012023.
- Effendi H, Sabila MF and Setiawan Y. 2018b. Correlation between water quality and land use change in Ciliwung Watershed. *Nature Environment and Pollution Technology* 17(1):139-144.
- Gorzym-Wilkowski WA. 2017. Spatial planning as a tool for sustainable development: Polish realities. *Barometr Regionalny* 15(2):75-85.
- Morphet J. 2011. *Effective practice in spatial planning*. Routledge. New York.
- PerDa (Peraturan Daerah) Kota Sukabumi Nomor 11 Tahun 2012 tentang rencana tata ruang wilayah Kota Sukabumi tahun 2011-2031.
- PerDa (Peraturan Daerah) Provinsi Jawa Barat Nomor 25 tahun 2013 tentang rencana pembangunan jangka menengah daerah Provinsi Jawa Barat (RPJMD) tahun 2013-2018.
- PerMenDikNas (Peraturan Menteri Pendidikan Nasional) Nomor 20 Tahun 2011 tentang penyelenggaraan program studi di luar domisili perguruan tinggi.
- PerMenLH (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup) Nomor 5 Tahun 2012 tentang jenis rencana usaha dan/atau kegiatan yang wajib memiliki analisis mengenai dampak lingkungan.
- PerMenLH (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup) Nomor 8 Tahun 2013 tentang tata laksana penilaian dan pemeriksaan dokumen lingkungan hidup serta penerbitan izin lingkungan.
- PP (Peraturan Pemerintah) Nomor 27 Tahun 2012 tentang izin lingkungan.
- Purnomo A. 2012. Karakteristik penganggur terbuka, setengah penganggur dan pertumbuhan ekonomi di Propinsi Jawa Timur (analisis data Sakernas Agustus tahun 2010). *Jurnal Bumi Indonesia* 1(2):111-120.
- Republika.co.id. 2017. APK perguruan tinggi tak sebanding dengan jumlah kampus [internet]. Tersedia di: <http://www.republika.co.id/berita/pendidikan/dunia-kampus/17/11/20/ozpyyo280>.
- Trung NH, Tri LQ, van Mensvoort MEF and Bregt AK. 2006. Application of GIS in land-use planning: a case study in the coastal Mekong Delta of Vietnam. *International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences* 1-6. Japan-Vietnam

Geoinformatics Consortium (JVGC) Institute for Environment and Resources (IER-HCMC).

UU (Undang-Undang) Nomor 20 tahun 2003 tentang sistem pendidikan nasional.

UU (Undang-Undang) Nomor 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.

Wang Q, M'Ikiugu MM and Kinoshita I. 2014. A GIS-based approach in support of spatial planning for renewable energy: a case study of Fukushima, Japan. *Sustainability* 6(4):2087-2117.

Effect of teacher's performance in the implementation of environmental education to the student's active participation in maintaining environmental sustainability

Kristalinawati¹, S. W. Utomo^{2,3*}, T. E. B. Susilo³

¹Senior High School of Gonzaga, Jakarta, Indonesia

²Department of Environmental Health, Faculty of Public Health, University of Indonesia, Depok, Indonesia

³Environmental Science Study Program, School of Environmental Sciences, University of Indonesia, Jakarta, Indonesia

Abstrak.

Pendidikan lingkungan telah dimulai di Indonesia sejak tahun 1970, namun kerusakan lingkungan yang berasal dari perilaku manusia masih terjadi dan bahkan meningkat. Ini mungkin menyiratkan bahwa hasil pendidikan lingkungan belum terlihat. Kinerja guru sebagai pendidik dan perancang pembelajaran perlu dievaluasi. Penelitian ini dilakukan di SMA Gonzaga, Jakarta dan SMA Loyola, Semarang dengan pendekatan kuantitatif dan data kualitatif sebagai pendukung. Metode yang digunakan adalah survei dengan teknik kuesioner dan wawancara mendalam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa partisipasi aktif siswa dalam hal melindungi lingkungan sangat rendah, yang berarti bahwa efektivitas pendidikan lingkungan tidaklah efektif. Kinerja guru sebagai pendidik dan perancang pembelajaran dalam penerapan pendidikan lingkungan memengaruhi partisipasi aktif siswa dalam pelestarian lingkungan. Pelatihan bagi guru dalam membuat instrumen pembelajaran mengenai pelaksanaan pendidikan lingkungan yang lebih efektif perlu dilakukan.

Kata kunci: pendidikan lingkungan, kinerja guru, partisipasi aktif siswa, skenario pengajaran

Abstract.

Environmental education (EE) has begun in Indonesia since 1970, however the environmental damages that come from human behaviour are still going on and even increasing. This may imply that the results of environmental education have not been seen. Performance of teachers as educators and learning designers need to be evaluated. The research was conducted at Gonzaga High School in Jakarta and Loyola High School in Semarang with a quantitative approach and qualitative data as supporters. The method used was survey, with questionnaires technique and in-depth interviews. The results show that the active participation of the students in terms of protecting the environment is very low. It means the effectiveness of environmental education in terms of this side is not effective. Performance of teachers as educators and learning designers in the implementation of EE affects the active participation of students in terms of conserving the environment. Training for teachers in making learning instrument needs to be done regarding the conduct of learning related EE more effective.

Keywords: environmental education, teacher's performance, student's active participation, teaching scenario

1. INTRODUCTION

The environmental damage occurring in various places in Indonesia largely derived from destructive human behaviour. A number of cases of pollution and damage in the sea, forests, atmosphere, water, soil and so on stem from irresponsible, indifferent and self-centred human behaviour (Keraf 2010). Taking all the necessities of nature regardless of its sustainability is regarded as justification, since nature is seen only for the benefit of humanity. Individuals as part of the group take part in making decisions that can harm the environment. Decisions made in the use of natural resources would be wise if provided with

* Korespondensi Penulis
Email : suyudwarno@gmail.com

knowledge of the environment and deep understanding of the losses to be borne by living beings and future generations (Widiasih 1999).

Education plays an important role in environmental management. Human as the main actor in development plays an important role. The development can still run with optimal results within the environmental carrying capacity, so that the environment aspect is considered in order to maintain the preservation of its function. A paradigm shift in society in managing the environment and natural resources must exist, to engage the community actively in preserving the function of the environment. Development and environment are two interrelated matters, development is the power to improve the quality of life by utilizing all its supporting resources through the change of the environment in order to improve the overall standard of living (Soerjani 2002). Various efforts to realize sustainable development in the form of vision, regulation and action plan, all will lead to the attitude and behaviour of humans as the actors and objects in development. Human dimension in realizing sustainable development becomes a very decisive factor (Sugandhy and Hakim 2007).

Formal education in schools helps prepare human resources who are aware of the importance of preserving environmental functions and participating in environmental management in every action. According to Soemantojo (2004) educational institution in charge of preparing the reliable human resources in the field, aware of the limitations to the carrying capacity of the environment and natural resources, can act wisely to take advantage of the environment, aware of its role as a *khalifah* on this earth. Formal environmental education (EE) needs to be given early on. The purpose of EE in senior high schools should be more toward the cultivation of consciousness, providing basic knowledge, nurturing attitudes and increasing participation. In order for the direction and implementation of EE to be carried out properly, it is necessary to make guidelines contained in the curriculum called the greening curriculum.

Based on Law Number 32 of 2009 on Environmental Management and Protection Number, article 65 (2): "Everyone is entitled to environmental education, access to information, access to participation and access to justice in fulfilling the right to a good and healthy environment". This means the position of environmental education in the curriculum of education should be done to open up insight about the importance of environment. The objectives of environmental education formulated in Belgrade Charter 1975 in Belgrade, Yugoslavia, are summarized as follows: a) Increasing awareness and attention to economic, social, political and ecological linkages, both in urban and rural areas; b) Give everyone the opportunity to acquire the knowledge, skills, attitudes/behaviours, motivations and commitments required to work individually and collectively to solve current environmental problems and

prevent new problems from emerging; c) Creating a unity of new behaviour patterns on the environment for individuals, groups and society (UNESCO 1975).

Efforts to develop environmental education in Indonesia have been done since the 70s, but environmental damage is still happening and even increasing. This can be interpreted that environmental education in Indonesia has not shown tangible results. The performance of teachers as the spearhead of the implementation of EE is still questionable. Based on this, it can be asked research questions as follows:

1. How is the student's active participation in maintaining environmental sustainability?
2. How is the performance of teachers in of Gonzaga High School, Jakarta and Loyola High School, Semarang in terms of running its role to develop environment-based learning methods, as well as the development of curricular activities that can improve students' knowledge and awareness about the environment?
3. How is the influence of performance of the teachers in the implementation of environmental education on the active participation of students in terms of maintaining environment sustainability?

1.1. Active participation of students

Student behaviour on environmental problems in this research is seen from its active participation in facing environmental problems. Participation is a very often used word in development. According to Mikkelsen (2003) the word participation means: a) voluntary contributions from the community to a project without taking part in decision making; b) sensitization of community stakeholders to improve acceptability and ability to respond to development projects; c) an active process, meaning that the relevant person or group takes the initiative and uses its freedom to do so; d) strengthening dialogue between local communities and staff preparing, implementing, monitoring projects in order to obtain information on local context and social impacts; e) voluntary involvement by the community in the changes determined by itself; and f) community involvement in self-development, life and their environment

Associated with the above description it can be interpreted that someone can be said to participate is if the person participates in an activity, participation and participate. According to Chusmeru (2001) participation is essentially the degree of optimal awareness based on the construction of the mind built by one knowledge so as to give one motivation until the occurrence of a physical activity.

Based on Finch's research (2008), environmental education does not change the behaviour of the community because since their children have lost the opportunity to have experience in direct contact with nature so as not to be

embedded with respect for nature. Public opinion polls in America reflect this trend, especially when closed questions force people to choose priorities (by imitating real life). In the poll, only 1% to 3% of the respondents placed the environment as their primary concern, much lower than in the previous 25 years. Much research has been done to examine the impact of knowledge on personal behaviour. Most evidence suggests there is no clear causal relationship between knowledge and behaviour. The Research by team of the Research Center for Human Resources and Environment (PPSML), University of Indonesia (1993) which was conducted at Senior High School 8 (SMAN 8) and Senior High School 38 (SMAN 38) Jakarta also indicate that the level of students' knowledge of the environment is not related to their attitude on environmental issues.

Barab and Roth (2006) conveys the concept of an ecological view of learning and participation, one that focusing on helping students to complete the invariant buildings underlying their understanding. From an ecological perspective, learning is the process of being prepared to engage effectively in the dynamic networking of the world by aiming at a particular goal. Much research has shown how the environment perceptually determines the possibilities for action. Three components of the framework can be done in the more general conceptualization of ecological learning, the ecosystem approach can be done in three steps. First, knowledge involving the participation of complex networks; the arrangement of the underlying provisions (such as facts, concepts, principles) is the basis of a person's network of capabilities tied to multiple usage contexts; and to really know a more specific source requires appreciation in the context of this usage. Second, the purpose of the school is to provide a movement that encourages one's participation; rather than expecting students to develop their own understanding that they can gain in the context of diverse uses. Third, the desired task or situation is designed by the educator by involving a network partner who has a very different ability from the concepts that have been lived in the lives of the students.

1.2. Teachers as educators and designers of learning

There are different concepts of teachers as teachers and teachers as educators. Teachers as educators play more than teachers who deliver certain subjects, but rather as models for character formation. His presence, attitudes, thoughts, values, concerns, commitments and visions are important dimensions that indirectly teach the values that shape the character of the student. The first principle for the development of the existence of teachers as character educators is their ability to live the vision and inspiration that becomes the soul for their professional performance. The world is changing, society is changing and the order of values is changing, it becomes a challenge for teachers to live their vision

and inspiration that become the soul for the performance of educational institutions (Koesoema 2009).

In line with the competence as the teacher, teachers are required to be able to plan teaching. Teachers can design the curriculum according to the condition of the school and its students. Wiggins and McTighe (2005) provides a somewhat reversed curriculum design model that is commonly applied in Indonesia. In his view, after establishing the expected outcome or objective objectives, the teacher then determines the evidence of evidence, the type of behaviour, or a particular product, proving that the result has been achieved by the student. After paying attention to this type of invoice, the teacher then determines the appropriate type of knowledge and skills in the teaching strategy (syllabus, lesson plan).

Teachers as learning designers should seek appropriate methods in their learning, so that learning objectives can be achieved. Media and learning devices should be prepared by the teacher with considerations. Rideout's study (2005) indicate that the use of a module containing readings on environmental issues and energy crises used to support discussion, research and presentation activities can encourage the increased knowledge and consistency of decision-making in behaving, which in turn behaves pro-environment.

2. METHODOLOGY

2.1. Study location

This research was conducted on 47 teachers of Gonzaga High School which is located at Jalan Pejaten Barat Number 10A, South Jakarta and 48 teachers of Loyola High School which is located at Jalan Karanganyar Number 37, Semarang and XII class students in both of schools which amounts to 437 students.

2.2. Research methods

This research was cross sectional so it cannot state causation. The approach used in this study was a quantitative approach that also uses qualitative data. The method used was a survey while the data collection techniques used questionnaires and in-depth interviews. The research variables in this study are clarified in **Table 1**.

Table 1. Research variables.

Research objectives	Research variable	Type of data	Data analysis
To identify the active participation level of students in maintaining environment sustainability	Active participation	Ordinal	Descriptive analytics
To evaluate the performance of teachers in implementing the environmental sustainability	Performance of teachers	Ordinal	Descriptive analytics

Research objectives	Research variable	Type of data	Data analysis
To analyse the effect of teacher's performance on the student's active participation	Performance of teachers and active participation of students	Nominal	Descriptive analytics

2.3. Data analysis procedure

2.3.1. Determining the student's active participation

To determine the level of active participation of students, the following steps are taken:

- Determining the interval scale
- Determining the scale of all answers
- Determining the position of a person's active participation level on a scale

The interval scale is determined in the following equation (**Equation 1**):

$$\text{Interval Scale} = \frac{(hxi)-(lxi)}{a} \dots\dots\dots(1)$$

Description:

h : The highest scale value (multiplier factor multiplier)

l : The lowest scale value

a : The number of alternative answers (as the denominator)

i : The number of items of student active participation statement/teacher's performance

The calculation of interval scale in determining the student's active participation is presented as follows:

$$\text{Interval Scale} = \frac{(5 \times 20) - (1 \times 20)}{5} = 16$$

Active participation of student is measured by asking questions about the frequency of student involvement when facing environmental problems. Active participation of respondents in terms of preserving the environment is determined by summing the scores of the questionnaires. There are 20 questions asked with a choice of answers: never (score 1), rare (score 2), sometimes (score 3), often (score 4) and always (score 5). The scores achieved were then compared with the scales in **Table 2**. After obtaining the criteria per individual, then viewed the student's overall active participation on population by looking at the number of students included in the high and very high criteria (**Table 3**).

Table 2. Criteria for student's active participation.

Total score	Criteria
20-36	Participation in maintaining environmental sustainability is very low
37-52	Participation in maintaining environmental sustainability is low
53-68	Participation in maintaining environmental sustainability is moderate
69-84	Participation in maintaining environmental sustainability is high
85-100	Participation in maintaining environmental sustainability is very high

Table 3. Criteria for student active participation in population.

Percentage of High and Very High participation (%)	Criteria
0.00–20.99	Very low
21.00–40.99	Low
41.00–60.99	Moderate
61.00–80.99	High
81.00–100.00	Very high

2.3.2. Determining the teacher's performance

The method for determining the teacher's performance scale uses the same procedure as the determination of the student's active participation scale (**Equation 1**). The calculation of interval scale in determining the teacher's performance is presented as follows:

$$\text{Interval Scale} = \frac{(5 \times 30) - (1 \times 30)}{5} = 24$$

There are 30 questions asked, with a choice of answers tailored to the focus question, answer A (score 1), B (score 2), C (score 3), D (score 4) and E (score 5). The questionnaires were related to the understanding of the school's vision and mission, the planning of the teaching program, the teaching method, the use of the school facilities and its involvement in programs that support the Environmental Sustainability, modified from the guidance of Adiwiyata (KemenLH dan Kemendikbud 2007). The individual criteria of teacher's performance were based on **Table 4**. The teacher's overall performance of the population was conducted using criteria as listed in **Table 5**. The effect of performance of teacher on the implementation of the environmental sustainability on the active participation of the students was analysed descriptively analytically.

Table 4. Teacher's performance criteria.

Total score	Criteria
30-54	Very low
55-78	Low
80-102	Moderate
103-126	High
127-150	Very high

Table 5. Teacher's performance criteria in population.

Percentage of High and Very High performance (%)	Criteria
0.00–20.99	Very low
21.00–40.99	Low
41.00–60.99	Moderate
61.00–80.99	High
81.00–100.00	Very high

3. RESULT AND DISCUSSION

3.1. Student's active participation in environmental sustainability

The results of the questionnaire on active participation of student are presented in **Table 6**.

Table 6. Questionnaire results concerning student's active participation in maintaining environment sustainability.

Total score	Criteria	Total student	Percentage of the population (%)
20-36	Very low	6	1.37
37-52	Low	207	47.37
53-68	Moderate	210	48.05
69-84	High	14	3.20
85-100	Very high	0	0
Total		437	100

The results of questionnaires related to the active participation of the students of Gonzaga High School, Jakarta and Loyola High School, Semarang in terms of maintaining environment sustainability indicate that the students whose participation is high and very high is only 3.2% from 437 students. Students are more likely to participate in doing something positive for environmental sustainability with frequent or frequent frequencies such as putting the trash in place, cleaning the house, avoiding the use of plastics and styrofoam, turning off electricity and taps when not in use and using paper on both sides. Meanwhile, for the participation in activities that are not directly faced by students in their daily life such as their involvement in processing waste, taking care and planting trees, consecrated work, become motivators, campaigns and involvement in scientific forums, participation is very low (**Figure 1**). Based on the effectiveness criteria of the environment sustainability related to active participation of students in **Table 3**, the level of active participation of students in both schools is very low.

Active participation of students is the manifestation of student behaviour. Related to this, knowledge does affect a person to form his belief in terms of taking a certain attitude. Attitude is a capital owned by students to be able to act in accordance with their knowledge. Attitudes to environmental issues that are high can be interpreted that the level of care is high, but attitude is only one thing that affects the formation of intentions and intimately that will affect whether someone will behave certain or not. While the intentions are also influenced by the prevailing subjective norms, the students' attitudes are good, but not at the will/intensity, this is in line with the Theory of Reasoned Action from Ajzen and Fishbein (Vallerand 1992).

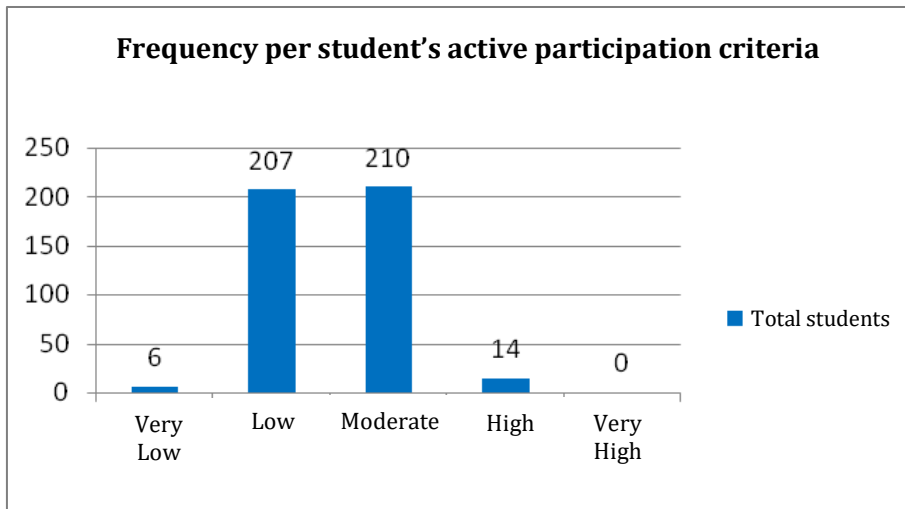


Figure 1. Level of student's active participation in maintaining the environment sustainability.

3.2. Teacher's performance in the implementation of environment sustainability

Questionnaires on performance of teacher were given to 47 teachers of Gonzaga High School, Jakarta and 48 teachers of Loyola High School, Semarang. The results indicated the percentage of teachers included in the criteria of high and very high performance in the implementation of environment sustainability which only amounted to 12.63%. Based on the criteria of teacher's performance in the implementation of the existing environment sustainability in **Table 5**, the data indicates that performance of teacher is very low. The results of the questionnaire on performance of teacher are presented in **Table 7** and **Figure 2**.

Table 7. Questionnaire results concerning on teacher's performance.

Total score	Criteria	Total student	Percentage of the population (%)
30-54	Very low	1	1.05
55-78	Low	32	33.68
80-102	Moderate	50	52.63
103-126	High	12	12.63
127-150	Very high	0	0.00
Total		95	100

Teacher's performance indicators in this study are interrelated, but when reviewed one by one, the evaluation of teacher's performance in the implementation of environment sustainability in Gonzaga High School, Jakarta and Loyola High, Semarang can be described as will be explained in the following sub-chapters.

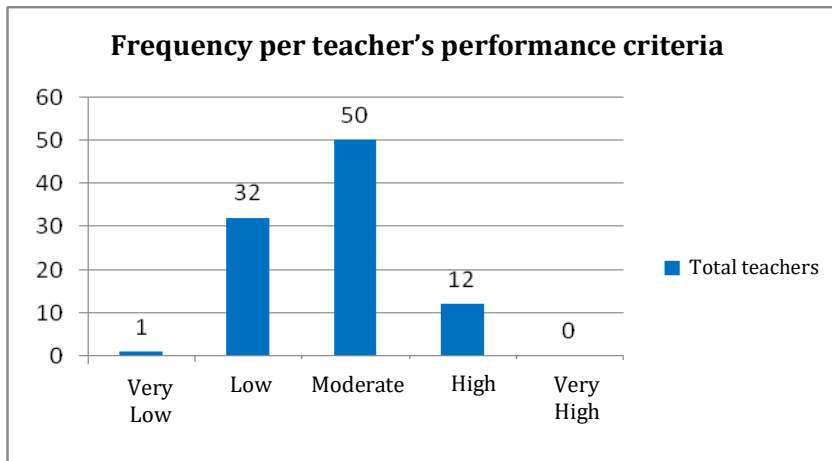


Figure 2. Level of teachers' performance in the implementation of environment sustainability.

3.2.1. Understanding of school vision and mission

Most teachers have understood and tried to help realize the vision and mission of the school including those related to environmental concerns. Based on the questionnaire results, the socialization on the integration of EE from the school leadership is experienced by most teachers only once a year. Teacher's comprehension about the vision and mission of the school will coloring the process of teaching and mentoring from teachers to learners. The teachers at Gonzaga and Loyola High School are required to understand the meaning of 3C (Competence, Conscience and Compassion) and the motto of *Ad Maiorem Dei Gloriam* (For the greater of God's glory) which is furthermore contemplated into the teaching program. However, based on interviews of teachers and vice principals in the curriculum of Loyola and Gonzaga High Schools, the teachers' understanding of school vision and mission and school value is rarely evaluated by the school's principal (within one year only a one-time question).

3.2.2. Planning of teaching program

The preparation of teacher program plans related to the environment sustainability requires an understanding of ongoing environmental issues, while based on data obtained from the questionnaires, the number of teachers with high intensity in terms of studying environmental issues is only 48%, teachers who are aware of the integration policy of environment sustainability in the curriculum only 32%. The number of teachers who linked their lessons to environmental issues was only 28%, the number of teachers who included environment sustainability in their lesson plan at least 20% of teaching materials was only 27%, the number of teachers who held discussions with his team teaching related to the delivery of environment sustainability materials with considerable intensity was only 3% and teachers actively participating in

discussion forums with other school teachers was only 7%. These points indicated that in the planning of teachers' teaching program performance is still very low. Such situations are likely to occur because the socialization of the integration of environment sustainability in the curriculum by school leaders is rare, teacher supervision by school's principal does not emphasize the delivery of environment sustainability materials in all lessons and a lack of teacher-related competency development.

Preparation of a less down-to-earth curriculum, less linking material related to things familiar to everyday life can hamper achievement of results. Likewise, in environmental education, the delivery of material of environment sustainability only delivered in some subjects less influence on improving students' motivation to participate in maintaining environmental sustainability. This is in line with Payne's assertion (2006) that teachers, researchers and schools should actively build and give meaning to human interactions and relationships with the environment by bringing students to things close to their lives. Measuring the level of knowledge of students as a requirement of graduation with a larger portion of the National Examination, making the function of schools as educational institutions tend to be reduced that only provide teaching. Teachers are more likely to accompany students to achieve a standard of knowledge, rather than acquiring life skills and understanding of universal values that lead to environmental awareness.

3.2.3. Teaching methods

The teaching method is very important to condition the students to understand the delivery of the material taught by the teacher. The use of teaching methods by inviting students to interact directly with the environment around at least 4 times a year is only done by 32% of teachers. Group assignments allow students to discuss or exchange ideas. Group assignment by linking environmental issues at least 4 times a year, only done by 10% of teachers. Teaching methods that are more often in the classroom provide less opportunity for students to interact directly with the environment, thus less supportive of the environmental education process that fosters awareness. Teachers should pass innovations to try other ways of conveying lesson material in addition to using lecture methods, as Rideout (2005) does with the use of modules.

3.2.4. Use of school facilities

School principal in both studied schools have conducted socialization on optimizing the use of facilities and supporting facilities owned by the school even though there is no written policy. The existing school facilities in Gonzaga High School and Loyola High School can be used to support learning such as libraries, laboratories, gardens, lawns and parks. School facilities can serve as learning

resources. The use of school facilities in the form of parks, gardens and grasslands can support the learning process, while from existing data indicates that the use of these facilities by teachers is still very rare and depends on the creativity of the teacher.

3.2.5. Involvement of teachers in programs that support environment sustainability

The development of teacher competencies of Gonzaga High School and Loyola High School related to environment sustainability either through seminars or training is still very low. Teacher support in creating clean, neat and healthy environment motivates students to save energy, save paper and save electricity usage. The involvement of teachers in setting an example to put waste in place is also high. This is a factor that supports the implementation of environment sustainability, because with the involvement of teachers in these activities can motivate students to do the same. The co-curricular activities that are conducted programmatically every year involves the teachers, so that teachers are required to be able to assist students in jamboree activities, live in, study tour and also field research. Assignment of teachers to assist students in activities outside school is always accompanied by additional incentives to teachers. This makes the teacher more responsible in performing their duties. Meanwhile, teacher assistance related to the implementation of environment sustainability in the two schools studied was not incentive, so it can be said as mentoring which is not obliged by the teachers, because there is no assignment. The administrative tasks of teaching and assessment sufficient time-consuming teachers, suspected as the cause of the lack of opportunities for teachers to provide more assistance to students, related to the environment sustainability.

3.3. The influence of performance of teacher in the implementation of environment sustainability on the active participation of students in maintaining the environment sustainability

The influence of each teacher's performance indicator on the active participation of students in this study is not analysed quantitatively so it is not known which indicator influence is the most dominant. The problem of one's behaviour toward the environment is the moral problem, which has been the formation since childhood. Education provided by parents is certainly very important in this process and it is certainly influenced by the level of education of their parents. The low participation of Gonzaga High School and Loyola High School students is believed to be one of them because the learning method of the teacher is mostly in the classroom so that the students' interaction with the environment becomes less, besides the environmental factors of the family and

the environment of the urban community who tend to care less about the environment.

The interaction relationship takes place between school leader and teacher, between teacher and student, between school leader and student and between school leader and teacher with student's parents. This interaction relationship is very important for the smoothness of the educational process. Good interaction between school leaders and teachers will facilitate the program socialization process planned by school leaders. Interaction between teacher and student enables achievement of learning objectives. The interaction between school leaders and teachers in the making of a program can also enable students to interact with the environment and community, such as in camping, live in and field studies. The interaction with the social system and the natural environment can actually be managed through these activities, in line with Terry's statement (1983), that two systems to be considered in the environment are social systems and ecosystems. Learning method in Gonzaga High School and Loyola High School which is very less giving opportunity to student interaction with environment, not optimal use of environment around school as source of learning allegedly become one of cause of lack of student participation in the case of preserving environment. The interaction between students and the school environment that is not designed to provide awareness to students about the importance of the environment causes students to have less responsibility for their environment. A harmonious and balanced interaction between human, institutional, technological and natural resources must always be pursued in education, in line with Soerjani (2002).

There is a dependency relationship between students and teachers in the implementation of learning. The dependency relationship also occurs between the parents of the students and the school. Teachers as a learning designer determine the activities that students will do in learning. If the intensive draft of learning invites students to think critically related to environmental issues, then the student will get used to thinking critically related to it. The method of teaching and the use of school facilities certainly depend on the plan of the learning program prepared by the teacher. Teacher's performance data indicates that teacher's performance in terms of using discussion method, assignment, article study and mind mapping related to environmental issues is very low. Teacher's performance in the use of school facilities in the form of parks, gardens, lawns and trees is also very low.

Environment sustainability both in Gonzaga High School and Loyola High School is more delivered through the lesson of Geography and Biology lesson, whereas the material of environment sustainability can be delivered through various subjects. Many teachers find it difficult to include environment

sustainability in the lessons they receive, as presented by Drs. Edi Asmanto, mathematics teacher of Loyola, High School and Drs. Andreas Eka Sujatmanto, the physics teacher of Loyola High School and Odilia Galuh, the chemistry teacher of Gonzaga High School. Education Unit Level Curriculum (KTSP) used by both schools actually provides a space for teachers to plan instructional programs whose achievement indicators are tailored to the students' abilities, the facilities at school and the value of the schools to be invested. The use of the backward design syllabus as a complement is an opportunity that can be used to incorporate environment sustainability into the teaching plan in all subjects. The role of the principal as a coordinator is very important to invite all teachers to understand and make the planning of teaching which is expected to further hone the students' care and responsibility to the environment. Teacher training related to the implementation of environment sustainability must be done so that all teachers have the competence to give the environment sustainability through their respective lessons.

4. CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS

The active participation of the students of Gonzaga High School, Jakarta and the students of Loyola High School, Semarang in maintaining the environment sustainability can be categorized as very low and the effectiveness of environment sustainability in terms of this is classified as ineffective.

The performance of teachers in both of schools in terms of running its role in the development of environment-based learning methods, as well as the development of curricular activities to increase knowledge and awareness of students about the environment in terms of understanding of school vision and mission, program planning, the use of school facilities and involvement in programs that support the environment sustainability is very low, with the percentage of teachers included in the criteria of high performance and very high by 12.63% of the total population of 95 teachers. Performance of teacher related to the preparation of environment sustainability related teaching program plan is very low, so the teaching method does not give students the opportunity to interact with their environment. This is thought to be a factor causing the low participation of students in maintaining the environment.

5. REFERENCES

- Barab SA and Roth W. 2006. Curriculum-based ecosystems: supporting knowing from an ecological perspective. *Educational Researcher* 35(5):3-13. <https://doi.org/10.3102/0013189X035005003>.
- Chusmeru P. 2001. *Komunikasi di tengah agenda reformasi sosial politik*. Alumni. Bandung.

- Finch K. 2008. Extinction of experience: a challenge for environment education. *New England Journal of Environmental Education* 1-5.
- [KemenLH dan Kemendikbud] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2007. Panduan adiwiyata wujudkan sekolah peduli dan berbudaya lingkungan. KemenLH dan Kemendikbud. Jakarta.
- Keraf AS. 2010. Etika lingkungan hidup. PT Kompas Media Nusantara. Jakarta.
- Koesoema AD. 2009. Pendidik karakter di zaman keblinger. Grasindo. Jakarta.
- Mikkelsen B. 2001. Metode penelitian partisipatoris dan upaya-upaya pemberdayaan. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta
- Law Number 32 of 2009 on Environmental Management and Protection.
- Payne PG. 2006. Environmental education and curriculum theory. *The Journal of Environmental Education* 37(2):25-35. <https://doi.org/10.3200/JOEE.37.2.25-35>.
- PPSML. 1993. Efektivitas pendidikan lingkungan (studi di SMA 8 dan SMA 38). UI Library. Jakarta.
- Rideout BE. 2005. The effect of a brief environmental problems module on endorsement of the new ecological paradigm in college students. *The Journal of Environmental Education* 37(1):3-11. <https://doi.org/10.3200/JOEE.37.1.3-12>.
- Soemantojo RW. 2004. Pendidikan dan etika lingkungan hidup. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan* 24 (1):17-29.
- Soerjani M. 2002. Ekologi manusia edisi 2. Penerbit Universitas Terbuka. Tangerang.
- Sugandhy A and Hakim R. 2007. Prinsip dasar kebijakan pembangunan berkelanjutan berwawasan lingkungan. Bumi Aksara. Jakarta.
- Terry RA. 1983. Conceptual approach to human ecology. East-West Center. Hawaii.
- [UNESCO] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 1975. The Belgrade Charter: a framework for environment education. Belgrade.
- Vallerand RJ, Deshaies P, Cuerrier JP, Pelletier LG and Mongeau C. 1992. Ajzen and Fishbein's theory of reasoned action as applied to moral behaviour: a confirmatory analysis. *Journal of Personality and Social Psychology* 62(1):98-109. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.62.1.98>.
- Widiasih. 1999. Kajian terhadap pengajaran konsep ilmu pengetahuan alam (IPA). *Jurnal Pendidikan* 31(1999):65-72.
- Wiggins G and McTighe J. 2005. Understanding by design. ASCD. Virginia.

Efektivitas pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit Sukaregang Garut dengan adsorben karbon aktif dan ijuk

R. Fachria^{1*}, H. Ramdan², I. N. P. Aryantha³

¹Jurusan Biomanajemen, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

²Kelompok Keahlian Manajemen Sumberdaya Hayati, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

³Kelompok Keahlian Bioteknologi Mikrobiologi, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

Abstrak.

Penyamakan kulit termasuk dalam industri andalan Indonesia. Salah satu wilayah yang menghasilkan bahan kulit berkualitas adalah Sukaregang, Garut. Industri ini memiliki dampak positif dan negatif. Limbah cair dari penyamakan kulit mencemari lingkungan dan menurunkan kualitas kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, pengusaha harus memiliki teknologi pengolahan mandiri. Salah satu metode pengolahan yang dapat diterapkan adalah metode adsorpsi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur efektivitas pengolahan limbah cair penyamakan kulit dengan metode adsorpsi. Penelitian dilakukan dalam dua tahap, yaitu penelitian pendahuluan untuk menentukan adsorben dan penelitian lanjutan untuk mengukur efektivitas pengolahan. Lokasi penelitian adalah pabrik Kamila Leather di Sukaregang Garut. Penilaian berdasarkan parameter baku mutu dalam PerMenLH Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Hasilnya, melalui metode adsorpsi dengan adsorben arang aktif dan ijuk dapat menurunkan 72,13% TSS, 76,58% BOD dan 76,49% COD.

Kata kunci: penyamakan, limbah cair, adsorpsi, arang aktif, ijuk

Abstract.

Tannery is one of main field in Indonesian industry. One area that produces quality leather is Sukaregang, Garut. This industry has positive and negative impacts. Wastewater from tannery pollutes the environment and decreases the quality of public health. Therefore, entrepreneurs must have independent processing technology. One of the processing methods that can be applied is the adsorption method. The purpose of this study is to measure the effectiveness of tannery wastewater treatment by adsorption methods. The study was conducted in two stages, namely preliminary research to determine adsorbents and further research to measure the effectiveness of processing. The research location is the Kamila Leather factory in Sukaregang Garut. The assessment is based on the quality standard parameters in Minister of Environment Regulation Number 5 Years 2014 on Wastewater Quality Standards. The result, through the adsorption method with activated carbon adsorbent and palm fiber, can reduce 72.13% TSS, 76.58% BOD and 76.49% COD.

Keywords: tannery, wastewater, adsorption, activated carbon, palm fiber

1. PENDAHULUAN

Kerajinan kulit termasuk dalam industri andalan di Rencana Induk Pembangunan Nasional (RIPIN) 2015–2035. Nilai ekspor dari industri kulit Indonesia mencapai 330.700.000 USD pada bulan Juni 2018 (Kemenperin 2018). Indonesia memiliki beberapa tempat produksi bahan kulit, salah satu daerah yang terkenal menghasilkan bahan berkualitas adalah Sukaregang, Kabupaten Garut. Kabupaten Garut memiliki 330 pengusaha penyamakan kulit yang tersebar di wilayah seluas 57,750 ha. Adapun total bahan kulit yang dihasilkan wilayah Sukaregang mencapai 10.634 m², baik yang berasal dari bahan baku kulit domba maupun sapi (DLHKP Kabupaten Garut 2014).

Industri kerajinan kulit ini memiliki dampak positif bagi perekonomian dan dampak negatif bagi lingkungan. Sebesar 99% pengusaha tidak memiliki

* Korespondensi Penulis
Email : rizqy.fachria@gmail.com

teknologi pengolahan limbah industri baik limbah cair, padat maupun gas. DLHKP Kabupaten Garut (2014) melaporkan bahwa kegiatan penyamakan kulit di Sukaregang menghasilkan air limbah sebanyak 90.000 liter/bulan yang dibuang langsung ke badan sungai. Akibatnya, lahan pertanian yang tercemar mengalami penurunan produksi, usaha budidaya perikanan mati, serta kualitas hidup masyarakat yang tinggal di sekitar aliran sungai menjadi menurun. Pemerintah telah berupaya mengatasi dampak-dampak negatif yang ditimbulkan dengan pembuatan tiga unit Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) yang berkapasitas 600 m³/hari. Sayangnya, ketiga IPAL ini tidak dapat dioperasikan karena kondisinya yang rusak berat akibat ketiadaan biaya operasional dan unit pengelola yang kompeten.

Para pelaku usaha diwajibkan untuk memiliki pengolahan limbah mandiri. Namun, status para penyamak kulit di Garut masih termasuk dalam golongan usaha mikro kecil dan menengah. Oleh karena itu, teknologi yang ditawarkan harus dapat terjangkau oleh para pelaku usaha. Beberapa hasil penelitian terkait yang telah dilakukan menginformasikan pengolahan limbah kulit dapat dilakukan dengan pemanfaatan karbon aktif sebagai penyerap limbah (Tatra 2014), prototipe IPAL dengan sistem daur ulang (El-Hadi dan Nasution 2012), pengolahan dengan metode elektrokoagulasi (Ringo *et al.* 2013), aplikasi pemulihan kromium (Dzikron 2014), uji toksisitas air limbah (Priyanto 2006), agen fitoremediasi (Putri *et al.* 2014), proses presipitasi dan adsorpsi dalam pengolahan limbah (Wardhani *et al.* 2011) dan teknologi M-Bio untuk pengolahan limbah padat (Priyadi *et al.* 2014).

Hampir seluruh hasil penelitian tersebut dilakukan hanya pada skala laboratorium, belum ada penelitian yang dilakukan dalam skala lanjut (pilot) maupun industri. Metode pengolahan yang mungkin dapat diterapkan oleh pengusaha penyamak kulit adalah metode adsorpsi. Metode ini tidak membutuhkan biaya yang besar dan proses pengolahan yang mudah. Adsorpsi adalah kejadian menempelnya suatu zat (adsorbat) pada permukaan zat lain (adsorben) karena adanya gaya tarik dari permukaan zat. Adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik Van der Waals (adsorpsi fisik atau fisisorpsi) atau dapat bersifat kimia (kemisorpsi) (Dabrowski 2001). Tujuan dari penelitian ini adalah melihat efektivitas pengurangan parameter pencemar dari limbah cair penyamakan kulit dengan metode adsorpsi.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan dalam dua tahapan, yakni pengujian pendahuluan dan pengujian lanjut. Pengujian pendahuluan dilakukan di Laboratorium Mikologi Gedung Pusat Antar Universitas (PAU) Institut Teknologi Bandung (ITB). Pabrik

Kamila *Leather* menjadi lokasi pengambilan sampel air limbah dan uji coba sistem pengolahan limbah cair. Sampel limbah sebelum pengolahan dan setelah pengolahan dianalisis di Laboratorium Sucofindo. Penelitian dimulai sejak bulan Juni 2018 hingga April 2019.

2.2. Prosedur analisis data

2.2.1. Karakterisasi limbah penyamakan kulit dari pabrik

Pengambilan sampel limbah cair dilakukan dengan cara gabungan tempat (*integrated sample*) yakni sampel gabungan diambil dari beberapa tempat secara terpisah dengan volume yang sama (Effendi 2003). Sampel air limbah ini dibawa ke Laboratorium Sucofindo untuk dianalisis.

2.2.2. Uji pendahuluan sistem pengolahan limbah dengan metode adsorpsi skala lab

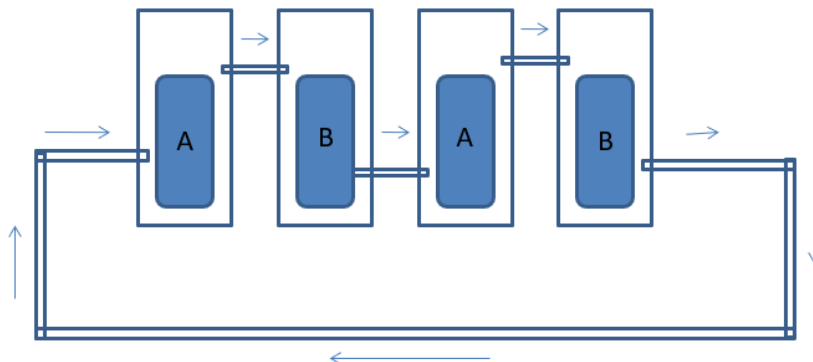
Uji pendahuluan dilakukan untuk menguji beberapa jenis bahan penjerap yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah secara adsorpsi. Bahan yang akan berpotensi untuk digunakan adalah arang, arang aktif, serabut kelapa, ijuk dan campuran dari semua bahan. Sebanyak 25 gram dari tiap bahan penjerap dimasukkan ke dalam botol Erlenmeyer plastik. Kemudian ditambahkan kalium dikromat $K_2Cr_2O_7$ (larutan kromium buatan) konsentrasi 100 ppm sebanyak 100 ml. Botol Erlenmeyer yang telah diisi bahan penjerap dan larutan kromium buatan diinkubasi 21 jam. Botol diaduk dengan kecepatan 40 per menit. Parameter yang diukur adalah nilai pH dan konsentrasi kromium setelah masa inkubasi. Nilai pH diukur dengan pH meter, sedangkan jumlah kromium diukur melalui pengujian di Laboratorium Hidrometalurgi ITB.

2.2.3. Uji lanjut sistem pengolahan limbah metode adsorpsi skala pilot

Uji pendahuluan sebelumnya menunjukkan bahwa ijuk dan arang aktif dapat menurunkan kromium serta meningkatkan pH. Pada uji lanjut dilakukan dengan sistem kolom sirkulasi tertutup (**Gambar 1**). Kolom yang digunakan sebanyak 4 buah yang diisi dengan ijuk, karbon aktif, ijuk dan karbon aktif. Sebanyak 12 kg karbon aktif dimasukkan ke dalam kolom hingga mencapai tinggi 38,5 cm dari dasar kolom. Ijuk yang dimasukkan ke kolom memiliki tinggi 46,5 cm dari dasar kolom. Sebanyak 81 liter limbah campuran dari proses pencelupan, penyamakan dan dari bak pengendapan diolah dengan mengalirkannya ke tabung-tabung sistem. Pada uji ini diamati perubahan pH, warna dan bau dari limbah hasil pengolahan. Limbah yang diolah merupakan limbah campuran yang berasal dari bak pengapuran, molen penyamakan dan molen pewarnaan. Ketiga limbah dicampur dengan volume yang sama. Limbah tersebut dialirkan ke dalam kolom tabung berisi bahan penjerap selama 48 jam.

Selama proses adsorpsi, dilakukan pengamatan dengan mengukur perubahan pH tiap jamnya selama 24 jam. Setelah 48 jam, limbah yang telah

diolah diuji di Laboratorium Sucofindo. Parameter yang diuji adalah nilai pH, *total suspended solid* (TSS), BOD₅, COD, fenol, total kromium, total amonium, sulfida, minyak dan lemak. Parameter tersebut mengacu pada PerMenLH Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah dari pabrik penyamakan kulit.



Gambar 1. Diagram proses prototipe pada pengujian lanjut (A=arang aktif; B=ijuk).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik limbah penyamakan kulit

Sebelum merancang sistem pengolahan limbah, karakteristik limbah dari penyamakan kulit pabrik harus diketahui. Limbah penyamakan yang dianalisis berasal dari proses pengapuran (pH 9,58), proses penyamakan (pH 2,48) dan proses pewarnaan (pH 11,08). Kemudian, semua sumber air limbah dicampur dengan volume yang sama. Nilai pH dari limbah campuran tiap proses ini adalah 3,6. Limbah campuran berwarna hijau kebiruan, memiliki padatan terlarut berwarna putih dan bau busuk yang pekat. Warna biru berasal dari kromium dan pewarna kulit. Bau busuk yang pekat tersebut diduga berasal dari proses pengapuran yang menggunakan sulfur. Selanjutnya, limbah tersebut diuji karakteristiknya berdasarkan PerMenLH Nomor 5 Tahun 2014 (**Tabel 1**).

Tabel 1. Karakteristik limbah berdasarkan parameter baku mutu air limbah penyamakan kulit.

Parameter	Satuan	Konsentrasi limbah (sebelum pengolahan)	Baku mutu
pH lapangan	-	3,6*	6,0–9,0
<i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	mg/l	409*	60
BOD ₅ 20°C	mg/l	301*	50
COD dari K ₂ Cr ₂ O ₇	mg/l	1004*	110
Fenol	mg/l	0,10	0,50
Total Kromium	mg/l	< 0,08	0,60
Total Amonium (NH ₃ -N)	mg/l	0,26	0,5
Sulfida	mg/l	< 0,01	0,8
Minyak dan Lemak	mg/l	< 2	5

Keterangan: *melebihi baku mutu

Berdasarkan karakteristik tersebut, diketahui bahwa parameter yang melebihi baku mutu adalah nilai pH (3,6), total padatan tersuspensi atau TSS (409 mg/l), BOD₅ (301 mg/l) dan COD (1,004 mg/l). Nilai TSS, BOD dan COD yang tinggi menunjukkan konsentrasi zat organik yang tinggi. Terlebih pada parameter COD yang nilainya tiga kali lipat dari nilai BOD. Hal ini menunjukkan kandungan organik pada penyamakan kulit sulit diuraikan organisme (Weiner and Matthews 2003). Faktor penyebabnya adalah tingginya konsentrasi senyawa toksik yang digunakan dalam proses produksi. Toksisitas dari tiap proses produksi berbeda nilainya. Proses pengapuran menghasilkan limbah dengan toksisitas 76%, sedangkan penyamakan memiliki toksisitas 24%. Penyumbang BOD dan COD terbanyak berasal dari proses pengapuran dengan nilai masing-masing 70% dan 55%.

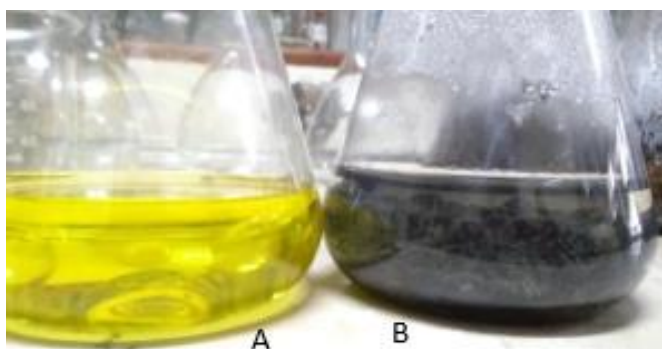
Tiap pabrik akan menghasilkan nilai yang berbeda bergantung dari kapasitas produksi, jenis senyawa kimia yang digunakan, serta proses yang berlangsung. Misalnya pada penelitian Wardhani *et al.* (2011) melaporkan parameter yang melebihi baku mutu adalah TSS (6.528,00 mg/l), BOD₅ (475,00 mg/l), COD (811,19 mg/l) dan total kromium (86,08 mg/l). Contoh lainnya adalah penelitian Tatra (2014), limbah dari pabrik penyamakan kulit yang diteliti memiliki nilai krom total sebesar 4.371,21 mg/l, nilai BOD sebesar 1.216,10 mg/l, nilai COD sebesar 17.753,33 mg/l dan nilai pH sebesar 2,68.

Kedua penelitian sebelumnya, memiliki nilai krom total yang melebihi baku mutu. Namun, pada penelitian ini nilai krom total masih jauh dibawah ambang batas baku mutu. Hasil ini diperkuat dengan penelitian Ningrum (2010), logam kromium tidak terdeteksi pada air di hulu maupun di hilir sungai. Namun, logam kromium ditemukan pada lumpur endapan Sungai Ciwalen dan Sungai Cigulampeng. Konsentrasi kromium meningkat pada daerah hilir sungai.

3.2. Uji metode adsorpsi

Metode yang diuji pada penelitian ini adalah metode adsorpsi fisik dan sedimentasi. Teknologi adsorpsi telah digunakan sejak abad ke-18. Karbon digunakan sebagai bahan penjerap yang umum digunakan untuk adsorpsi gas, zat cair, zat pewarna dan abu dalam air. Teknologi ini memiliki prinsip yang sederhana dan biaya murah, sehingga sering digunakan untuk pengolahan air. Adsorpsi terjadi melalui tiga tahapan yaitu perpindahan molekul adsorbat mendekati lapisan permukaan adsorben, difusi adsorbat melalui lapisan film permukaan dan penempelan adsorbat pada permukaan adsorben (Wardhani *et al.* 2011). Adsorpsi akan terjadi jika gaya tarik yang menarik antara zat terlarut dan adsorben lebih besar dari energi kohesif zat itu sendiri. Deskripsi kualitatif dari interaksi adsorbat dan adsorben melalui isoterm adsorpsi dapat digunakan dalam optimasi penggunaan (Itodo *et al.* 2018).

Pengujian metode adsorpsi pada penelitian ini menggunakan bahan adsorben yang mengacu pada Khan *et al.* (2001) dan Gupta and Suhas (2009). Beberapa adsorben yang memiliki daya adsorpsi baik, murah dan mudah ditemukan antara lain arang aktif, arang biasa, serabut kelapa dan ijuk. Keempat bahan tersebut diuji daya serap dan pengaruhnya terhadap nilai pH dalam skala laboratorium dengan sistem *batch* selama 21 jam. Erlenmeyer yang berisi larutan kromium dan bahan adsorben diinkubasi selama 21 jam. Berdasarkan hasil uji, bahan penyerap yang meningkatkan nilai pH paling besar adalah ijuk, sedangkan bahan yang menurunkan konsentrasi kromium paling tinggi adalah arang aktif (**Tabel 2**). Selain nilai pH dan kromium, melalui pengamatan langsung dapat dilihat perubahan warna yang signifikan dari larutan. Perubahan warna paling signifikan ditunjukkan oleh larutan dengan adsorben arang aktif (**Gambar 2**). Sebelum masa inkubasi, larutan berwarna kuning, kemudian berubah menjadi bening setelah masa inkubasi. Hasil ini didukung oleh penelitian Ayub and Khorasgani (2014) dan Itodo *et al.* (2018) yang melaporkan bahwa karbon aktif dari tempurung kelapa dapat mereduksi konsentrasi kromium. Berdasarkan hasil ini, maka ijuk dan arang aktif digunakan dalam uji pengolahan limbah skala pilot.



Gambar 2. Perubahan warna sebelum (A) dan sesudah inkubasi (B) dengan adsorben arang aktif.

Tabel 2. Nilai rata-rata kenaikan pH dan penurunan persen konsentrasi kromium.

No	Perlakuan	Rata-rata kenaikan nilai pH	Rata-rata penurunan kromium (%)
1	Arang aktif	0,07	69,05
2	Arang biasa	1,24	10,80
3	Serabut kelapa	1,51	41,07
4	Ijuk	2,03	26,65
5	Campuran	1,68	52,72

Arang biasa hanya dapat menurunkan konsentrasi kromium sebanyak 10%. Faktor utama penyebabnya adalah ukuran pori arang biasa yang lebih kecil. Arang biasa tidak diberi perlakuan pengasaman seperti arang aktif,

sehingga ukuran porinya lebih kecil dibandingkan pori arang aktif. Serabut kelapa dapat menurunkan konsentrasi kromium hingga 41%. Walaupun tidak mencapai 50%, namun serabut kelapa berpotensi menjadi bahan penjerap karena memiliki gugus karboksil serta lignin yang mengandung asam phenolat yang dapat mengikat logam (Pratama *et al.* 2016).

Uji pengolahan metode adsorpsi skala pilot dilakukan menggunakan limbah pabrik langsung dari Kamila *Leather*. Kolom dengan sistem sirkulasi tertutup diisi dengan adsorben hasil uji pendahuluan yaitu ijuk dan arang aktif. Air limbah yang berasal dari proses pengapuran, penyamakan dan pewarnaan dialiri ke dalam kolom tersebut selama 48 jam. Kemudian diamati perubahan pH di tiap kolom selama 24 jam dengan jeda waktu 1 jam. Setiap 1 jam, sistem menaikkan pH rata-rata senilai 0,04. Setelah 18 jam proses pengolahan, pH naik 1 angka. Selain perubahan pH, warna dan bau dari limbah juga berubah. Warna awal limbah yang semula biru pekat berubah menjadi biru bening dalam waktu 24 jam. Setelah 48 jam, didapat nilai akhir pH dari sistem adsorpsi adalah 5,11. Air limbah hasil pengolahan pada jam ke-24 dan ke-48 dibawa ke laboratorium untuk diuji berdasarkan parameter dalam baku mutu PerMenLH Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Hasil dari pengujian limbah yang telah diolah dengan sistem adsorpsi dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil pengolahan air limbah dengan metode adsorpsi selama 24 jam dan 48 jam.

Parameter	Hasil			Baku mutu (mg/l)
	Sebelum pengolahan (mg/l)	Pengolahan 24 jam (mg/l)	Pengolahan 48 jam (mg/l)	
pH	3,60	5,09	5,11	6,0–9,0
Total Suspended Solid (TSS)	409	58	114	60
BOD ₅ 20°C	301,0	95,0	70,5	50
COD dari K ₂ Cr ₂ O ₇	1004	318	236	110
Fenol	0,100	0,030	< 0,007	0,50
Total Kromium	< 0,08	< 0,08	< 0,08	0,60
Total Amonium (NH ₃ -N)	0,26	0,24	0,40	0,5
Sulfida	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,8
Minyak dan Lemak	< 2	< 2	< 2	5

Nilai akhir pH sistem (5,11) masih di bawah baku mutu yang ditetapkan yaitu 6,0–9,0. Kombinasi ijuk dan arang aktif ternyata tidak dapat meningkatkan nilai pH hingga mencapai baku mutu. Hasil ini serupa dengan penelitian adsorpsi Tatra (2014) yang menggunakan karbon aktif. Nilai pH dalam penelitiannya hanya berkisar 2,66–2,72. Tatra (2014) menyimpulkan bahwa nilai pH tidak dipengaruhi oleh lama waktu kontak maupun konsentrasi karbon aktif. Faktor penyebab utama dari rendahnya nilai kenaikan pH adalah terjadi persaingan antara ion H⁺ dengan bahan organik dan kromium yang ada dalam air limbah.

Daya tarik dari zat organik dan logam lebih besar dari ion H^+ , sehingga permukaan adsorben lebih banyak menyerap kedua zat tersebut (Tatra 2014).

Parameter yang akan dibahas adalah parameter yang melebihi baku mutu sebelum pengolahan yaitu pH, TSS, BOD dan COD. Konsentrasi TSS sebelum pengolahan mencapai 409 mg/l. Kemudian setelah pengolahan selama 24 jam turun menjadi 58 mg/l. Namun, setelah pengolahan 48 jam nilai TSS meningkat kembali sebesar dua kali lipat menjadi 114 mg/l. Hal ini dapat disebabkan karena ijuk yang berupa serbuk dari kolom ikut terbilas oleh aliran, sehingga meningkatkan nilai TSS pada jam ke 48. Parameter BOD dan COD mengalami penurunan dengan bertambahnya waktu kontak. Setelah 24 jam nilai BOD turun menjadi 95,0 mg/l, kemudian setelah 48 jam terus menurun menjadi 70,5 mg/l. Begitu pula dengan nilai COD yang awalnya sebesar 1.004 mg/l, setelah melalui sistem adsorpsi selama 24 dan 48 jam turun menjadi 318 mg/l dan 236 mg/l.

Ijuk dan arang aktif memiliki peran dalam menurunkan TSS, BOD dan COD. Pranoto *et al.* (2018) membuktikan bahwa ijuk dapat menyerap logam berat dari air limbah karena memiliki kandungan selulosa yang tinggi. Karbon aktif juga telah terbukti mampu menurunkan nilai TSS, BOD dan COD. Tatra (2014), Wardhani *et al.* (2011), Kurniasari *et al.* (2012), Devi *et al.* (2012), Ayub dan Khorasgani (2014) dan Itodo *et al.* (2018) melakukan penelitian mengenai pengolahan air limbah penyamakan kulit menggunakan karbon aktif. Pada penelitian Wardhani *et al.* (2011), karbon aktif memiliki efisiensi 77% untuk menurunkan TSS, 94,06% untuk menurunkan BOD dan 98% untuk menurunkan COD. Jika dibandingkan dengan penelitian lainnya, sistem kolom dengan ijuk dan karbon aktif selama 48 jam memiliki efektivitas yang lebih rendah yaitu 72,13% untuk TSS, 76,58% untuk BOD dan 76,49% untuk COD. Perbedaan efektivitas disebabkan oleh perbedaan beban pencemaran air limbah yang diolah dalam penelitian. Penurunan nilai TSS, BOD dan COD disebabkan oleh terjadinya proses adsorpsi zat organik. Adsorpsi fisik ini terjadi karena adanya gaya ikatan Van der Waals. Ikatan ini bersifat lemah sehingga memperbesar peluang terjadinya desorpsi yaitu terlepasnya suspensi adsorbat dikarenakan karbon aktif telah mencapai titik jenuh (Kurniasari *et al.* 2012).

Nilai efektivitas penurunan zat organik dan logam berat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu konsentrasi adsorben, waktu kontak, ukuran pori adsorben (Tatra 2014) dan pH (Devi *et al.* 2012). Semakin tinggi konsentrasi, waktu kontak dan ukuran pori menyebabkan efisiensi penurunannya semakin meningkat. Namun, jika waktu kontak telah mencapai titik jenuh, daya adsorpsi akan berkurang atau bahkan akan melepaskan zat organik. Meena and Rajagopal (2002) menyarankan waktu kontak yang baik untuk penjerapan adalah 48 jam. Waktu ini dapat dipersingkat, jika konsentrasi adsorben ditambah. Pori dari adsorben karbon aktif dapat diperluas dengan pemberian asam kuat. Asam

memiliki sifat dehidrasi sehingga dapat memperluas ukuran pori permukaan karbon yang akan meningkatkan daya adsorpsi (Tatra 2014).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pengolahan limbah cair penyamakan kulit dengan metode adsorpsi selama 48 jam memiliki efektivitas 72,13% untuk menurunkan TSS, 76,58% untuk menurunkan BOD dan 76,49% untuk menurunkan COD. Perusahaan dapat mempertimbangkan untuk menggunakan metode ini dalam pengolahan limbah cair mereka. Penelitian lebih lanjut dalam skala industri diperlukan untuk melihat konsistensi efektivitas metode adsorpsi serta kelayakannya untuk diterapkan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ayub S and Khorasgani FC. 2014. Adsorption process for wastewater treatment by using coconut shell. *International Journal of Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering* 4(3):21–34.
- Dabrowski A. 2001. Adsorption-from theory to practice. *Advances in Colloid and Interface Science* 93(1-3):135-224.
- Devi BV, Jahagirdar AA and Ahmed MNZ. 2012. Adsorption of chromium on activated carbon prepared from coconut shell. *IJERA* 2(5):364–70.
- [DLHKP] Dinas Lingkungan Hidup Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Garut. 2014. Kajian daya dukung dan daya tampung lingkungan kawasan penyamakan kulit Sukaregang Kabupaten Garut. DLHKP Kabupaten Garut. Garut.
- Dzikron M. 2014. Aplikasi chrome recovery dalam industri penyamakan kulit [Skripsi]. Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung. Bandung.
- Effendi H. 2003. Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- El-Hadi RM dan Nasution A. 2012. Prototype simulasi instalasi pengolahan air limbah cair industri penyamakan kulit dengan sistem daur ulang [Prosiding]. Seminar Nasional Penelitian dan PKM: Sains, Teknologi dan Kesehatan.
- Gupta VK and Suhas. 2009. Application of low-cost adsorbents for dye removal—a review. *Journal of Environmental Management* 90(8):2313–42.
- Itodo AU, Khan ME and Feka DP. 2018. Tannery wastewater evaluation and remediation: adsorption of trivalent chromium using commercial and regenerated adsorbents. *Journal of Water Technology and Treatment Methods* 1(1):1–8.
- [Kemenperin] Kementerian Perindustrian. 2015. Rencana induk pembangunan industri nasional 2015-2035. Kemenperin. Jakarta.

- Kurniasari L, Riwayati I dan Suwardiyono. 2012. Pektin sebagai alternatif bahan baku biosorben logam berat. *Momentum* 8(1):1–5.
- Meena A and Rajagopal C. 2002. Comparative studies on adsorptive removal of lead from contaminated water using different adsorbents. *Indian Journal of Environmental Protection* 22(11):1257–66.
- Ningrum D. 2010. Pengaruh industri penyamakan kulit terhadap kualitas lingkungan dan peran pengrajin dalam pengelolaan limbahnya [Prosiding]. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XI. Program Studi MMT-ITS.
- PerMenLH (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup) Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Pranoto, Masykur A, Fatimah N and Prabawani S. 2018. Fabrication of Sugar palm fiber/andisol soil composites for iron (III) ion, removal from aqueous solution. *Oriental Journal of Chemistry* 34(1):346–51.
- Pratama IMR, Sulhadi dan Aji MA. 2016. Pemanfaatan serabut *Cocos nucifera* sebagai filter air limbah pewarna tekstil [Prosiding]. Pertemuan Ilmiah XXX HFI Jateng & DIY. Himpunan Fisika Indonesia Cabang Jateng dan DIY.
- Priyadi R, Iskandar R, Nuryatidan R dan Hermawan Y. 2014. Efektivitas teknologi M-Bio pada pengelolaan limbah padat industri penyamakan kulit Sukaregang Garut untuk pertanian ramah lingkungan. *Jurnal Bumi Lestari* 14(2):180–88.
- Priyanto B. 2006. Uji toksisitas air limbah penyamakan kulit menggunakan metode penghambatan pertumbuhan *Lemna* sp. *Jurnal Teknik Lingkungan* 7(2):212–18.
- Putri YD, Holik HA, Musfiroh I dan Aryanti AD. 2014. Pemanfaatan tanaman eceng-ecengan (*Pontederiaceae*) sebagai agen fitoremediasi dalam pengolahan limbah krom. *IJPST* 1(1):20–25.
- Ringo ES, Kusrijadi A dan Sunarya Y. 2013. Penggunaan metode elektrokoagulasi pada pengolahan limbah industri penyamakan kulit menggunakan aluminium sebagai *sacrificial electrode*. *Jurnal Sains dan Teknologi Kimia* 4(2):96–107.
- Tatra SJ. 2014. Pemanfaatan karbon aktif dengan aktivator H_3PO_4 dari limbah padat agar sebagai penjerap pada limbah cair industri penyamakan kulit [Tesis]. Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wardhani E, Dirgawati M dan Alvina IF. 2011. Kombinasi proses presipitasi dan adsorpsi karbon aktif dalam pengolahan air limbah industri penyamakan kulit. *Itenas Library* 1–16.
- Weiner RF and Matthews RA. 2003. *Environmental engineering* 4th edition. Butterworth-Heinemann. Massachusetts.

Kajian pengembangan imbal jasa lingkungan di daerah aliran sungai (DAS) Kampar

M. Yunus^{1*}, A. Haryanto²

¹Perkumpulan Alam Zamrud, Kabupaten Kampar, Riau, Indonesia

²WWF Indonesia, Jakarta, Indonesia

Abstrak.

Kajian ini bertujuan menajaki pengembangan imbal jasa lingkungan di daerah aliran sungai (DAS) Kampar. Objek yang dikaji adalah nilai keinginan membayar (*Willingness to Pay*/WTP) dan nilai keinginan menerima (*Willingness to Accept*/WTA). Subjek dalam kajian ini adalah pelanggan PLN dan PDAM Tirta Kampar. Nilai WTP pelanggan PLN sebesar Rp895.462.286 per bulan atau sekitar Rp10.745.547.432 per tahun. Sementara nilai WTP pelanggan PDAM sebesar Rp16.919.039 per bulan atau sekitar Rp203.028.472 per tahun. Nilai WTP total adalah sebesar Rp10.948.575.904 per tahun. Nilai WTA responden adalah Rp5.900/pohon/tahun. Nilai WTP pemanfaatan air sebesar Rp10.948.575.904 per tahun dapat digunakan untuk kegiatan konservasi secara vegetatif dan sipil teknis.

Kata kunci: imbal jasa lingkungan, daerah tangkapan air, WTP, WTA

Abstract.

This study aims to explore the development of payment for environmental services in the Kampar river basin. The object of the study is the willingness to pay (WTP) and willingness to accept (WTA). The subjects in this study were PLN customers and PDAM Tirta Kampar customers. PLN customer's WTP value of Rp895,462,286 per month or around Rp10,745,547,432 per year. While the PDAM customer's WTP value is Rp16,919,039 per month or around Rp203,028,472 per year. The total WTP value is Rp10,948,575,904 per year. Respondent's WTA value is Rp5,900/tree/year. The WTP value of water users is Rp10,948,575,904 per year can be used for vegetative and technical civil conservation activities.

Keywords: payment for environmental services, catchment area, WTP, WTA

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan sumber daya air pada daerah aliran sungai (DAS) Kampar di satu sisi terus meningkat. Padahal di sisi lain, ketersediaan sumber daya air semakin terbatas. Apabila hal seperti ini tidak diantisipasi, maka dikhawatirkan dapat menimbulkan ketegangan dan bahkan konflik akibat benturan kepentingan. Selain itu, kerusakan daerah tangkapan air akan mempengaruhi kuantitas dan kualitas air yang diterima. Kondisi ini akan semakin menurun apabila tidak didukung oleh usaha untuk melakukan perbaikan terhadap kondisi sumber air yaitu dengan melakukan konservasi daerah tangkapan air.

Upaya konservasi daerah tangkapan air Sungai Kampar sangat penting dilakukan demi menjamin keberlanjutan sumber air. Ketersediaan air (di hilir) sangat terkait dengan kondisi sumber air (di hulu), sehingga terganggunya fungsi hidrologis wilayah tangkapan air di daerah hulu akan mengakibatkan terganggunya ketersediaan air di hilir.

Kerusakan lahan dan kawasan resapan air yang semakin meningkat telah meningkatkan kerentanan pasokan air bagi masyarakat. Kondisi ini diperparah dengan ketidakcukupan dana untuk melindungi dan merehabilitasi air di kawasan resapannya. Dengan semakin mendesaknya upaya konservasi daerah

* Korespondensi Penulis
Email : mohd.yoenoes@gmail.com

tangkapan air, maka keperluan dana konservasi juga mendesak, baik yang bersumber dari pemerintah maupun dari pemanfaat jasa lingkungan air. Nilai keinginan membayar secara agregat atau total terhadap konservasi daerah tangkapan air dari pemanfaat jasa lingkungan air (pembangkit listrik, air minum, air produksi dan lain sebagainya) dapat dijadikan suatu alternatif untuk pendanaan konservasi.

Pendanaan konservasi merupakan salah satu bentuk tanggung jawab pemanfaat air untuk membantu mendanai kegiatan konservasi daerah tangkapan air yang selama ini memasok kebutuhan airnya (Grizetti *et al.* 2016). Pendanaan konservasi dapat diketahui dengan menjajaki nilai keinginan membayar dan kesanggupan untuk menyediakan dana tersebut dari pemanfaat jasa lingkungan air. Tujuan utama kajian ini adalah menjajaki pengembangan imbal jasa lingkungan (IJL) di DAS Kampar. Tujuan utama tersebut dicapai melalui serangkaian tujuan antara yaitu menghitung nilai keinginan membayar (*Willingness to Pay*/WTP) pemanfaat air, menghitung nilai potensial yang dihasilkan melalui mekanisme IJL, menghitung biaya konservasi daerah tangkapan air, mengetahui persepsi masyarakat terhadap program IJL dan menghitung nilai WTA (*Willingness to Accept*/WTA) masyarakat terhadap program IJL.

2. METODOLOGI

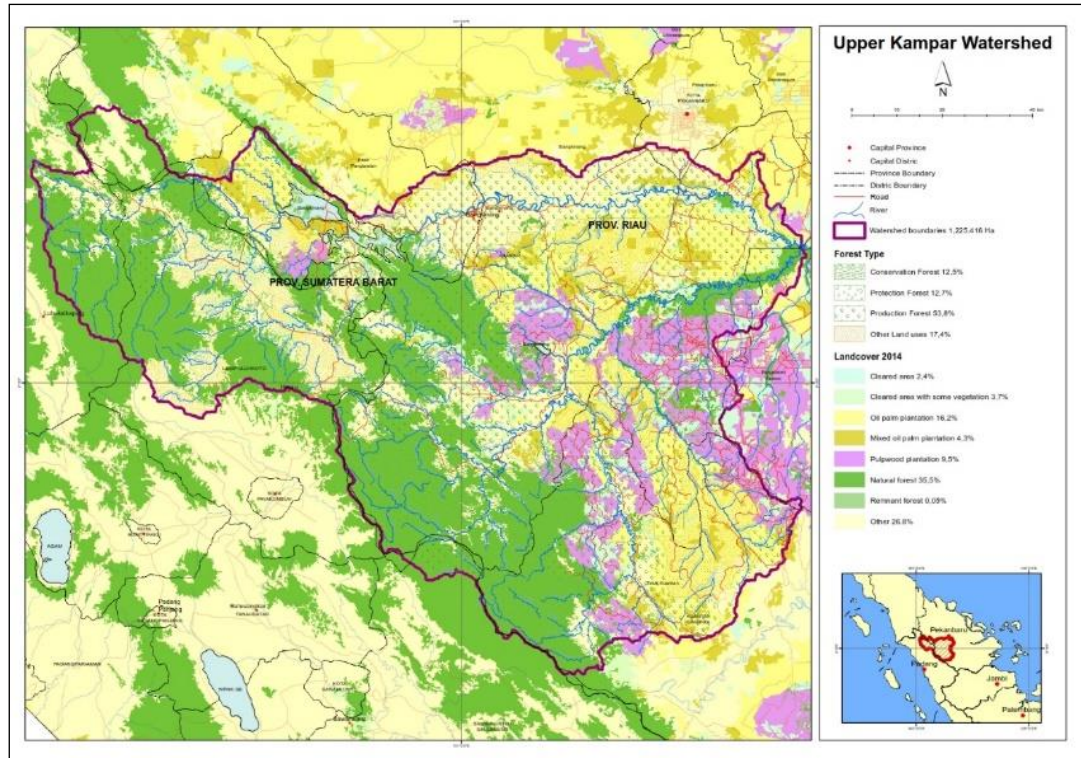
2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Lokasi kajian berada di dua provinsi yaitu di Provinsi Riau dan Provinsi Sumatera Barat yang sebagian besar merupakan daerah tangkapan air bagi Sungai Kampar (**Gambar 1**). Hasil kajian Kusuma (2018) menyatakan bahwa daerah ini memiliki nilai jasa lingkungan yang potensial. Lokasi kajian di Provinsi Riau dikhususkan untuk mengumpulkan data keinginan membayar (*Willingness to Pay*/WTP) yaitu dari pelanggan PLN di Kota Pekanbaru dan pelanggan PDAM Tirta Kampar di Kabupaten Kampar. Lokasi kajian di Provinsi Sumatera Barat dikhususkan untuk mengumpulkan data keinginan menerima (*Willingness to Accept*/WTA) di Kabupaten Lima Puluh Kota. Kajian ini dilaksanakan pada tanggal 24 Februari-1 Maret 2019 di Provinsi Riau dan tanggal 4-10 Maret 2019 di Provinsi Sumatera Barat.

2.2. Prosedur pengumpulan dan analisis data

Objek yang diteliti pada kajian ini adalah nilai keinginan membayar (WTP) pemanfaat jasa lingkungan air dan nilai keinginan menerima (WTA) penyedia jasa lingkungan air. Subjek dalam kajian ini meliputi pelanggan PLN dan PDAM serta pengelola PLN dan PDAM tersebut. Dalam kajian ini, sampel untuk mengetahui nilai WTP adalah pelanggan PLN (200 sampel) dan PDAM Tirta

Kampar (100 sampel), dengan teknik penentuan sampel yang digunakan adalah *simple random sampling*. Sampel yang diambil dari pengelola PLN dan PDAM Tirta Kampar terdiri dari informan kunci yaitu pada level *top management* dan personal/staf teknis yang menangani dan memahami hal-hal terkait.



Gambar 1. Lokasi kajian pengembangan imbal jasa lingkungan di DAS Kampar.

Parameter-parameter yang dikaji adalah keinginan membayar (WTP) terhadap konservasi daerah tangkapan air menggunakan pendekatan *contingent valuation method* (CVM). Metode valuasi ini adalah perhitungan secara langsung dengan menanyakan keinginan membayar (WTP) kepada responden/pelanggan (Pour *et al.* 2012). Hal lain yang juga dikumpulkan dan dianalisis adalah data karakteristik sosial ekonomi responden yang meliputi umur, jenis kelamin, jumlah tanggungan keluarga, pendapatan, pendidikan, pemakaian air, pengetahuan tentang konservasi daerah tangkapan air, persepsi tentang konservasi daerah tangkapan air, sikap terhadap upaya konservasi daerah tangkapan air, pandangan tentang tanggung jawab biaya konservasi dan persepsi tentang kuantitas air. Parameter lain yang dikaji adalah biaya konservasi daerah tangkapan air dan estimasi WTA sebagaimana disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Parameter, indikator, subjek, metode dan analisis data.

No	Parameter	Indikator	Subjek	Metode pengumpulan data	Analisis data
1	Keinginan membayar (WTP) pelanggan PLN dan PDAM	Nilai keinginan membayar/Nilai WTP	Pelanggan PLN dan PDAM	Kuesioner kepada responden PLN dan PDAM	Analisis WTP dengan metode CVM
2	Nilai potensial yang dihasilkan melalui mekanisme IJL	Nilai Total WTP	Pelanggan PLN dan PDAM	Kuesioner kepada responden PLN dan PDAM	Analisis deskriptif
3	Biaya konservasi daerah tangkapan air	Biaya untuk kegiatan konservasi, rehabilitasi dan restorasi daerah tangkapan air	Kelompok tani, BPDAS HL, DLHK dan instansi terkait	▪ Wawancara semi terstruktur ▪ Data Sekunder	Analisis deskriptif
4	Persepsi masyarakat terhadap program IJL	Pengetahuan dan persepsi masyarakat terhadap IJL	Kelompok tani	Kuesioner kepada responden petani	Analisis deskriptif
5	Estimasi nilai WTA masyarakat terhadap program IJL	Nilai keinginan menerima/Nilai WTA	Kelompok tani	Kuesioner kepada responden petani	Analisis WTA dengan metode CVM

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gambaran umum wilayah kajian

Sungai Kampar berhulu di pegunungan Bukit Barisan, mengalir ke arah timur dan bermuara di Selat Malaka. Sungai Kampar melintasi dua provinsi, sebagian berada di wilayah Provinsi Riau dan sebagian di Provinsi Sumatera Barat. Secara geografis, Sungai Kampar terletak antara 100,138–103,356 BT dan 0,585 LS–0,725 LU. Sungai Kampar Kanan bermata air dari Gunung Gadang yang memiliki luas daerah tangkapan air sebesar $\pm 5.231 \text{ km}^2$. Alur utama semula mengalir ke utara kemudian berbelok ke timur, bertemu dengan anak Sungai Kapur nan Gadang mengalir dengan kemiringan sedang melalui lembah Batu Bersurat, kemudian bertemu dengan anak Sungai Mahat mengalir ke arah timur.

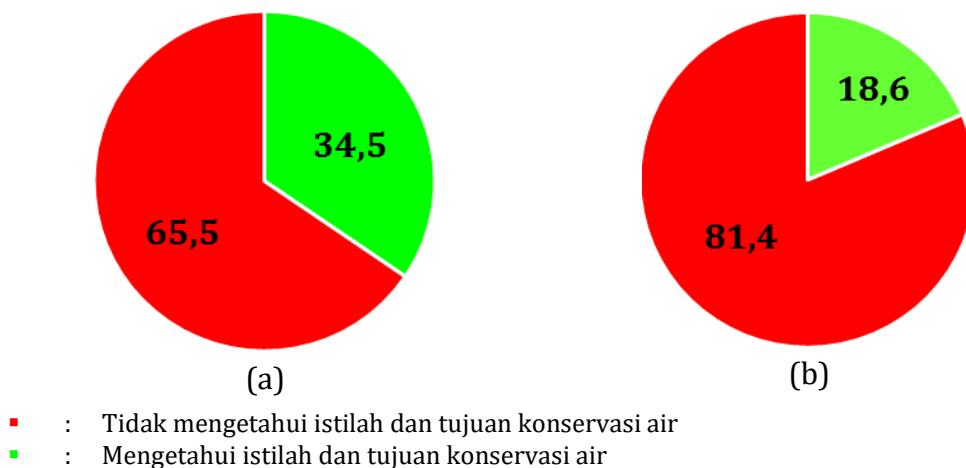
Kapasitas aliran penampang Sungai Kampar Kanan di sekitar Bangkinang berkisar antara $750\text{--}1.000 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan kemiringan dasar sekitar 0,0008, antara Danau Bingkuang dan Teratak Buluh sekitar $700\text{--}800 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan kemiringan dasar sekitar 0,00021 (BWSS III 2007). Sungai Kapur nan Gadang

dan Batang Mahat bertemu menjadi satu di hulu Koto Panjang. Sungai Kampar Kanan terdiri dari 24 anak sungai.

Sungai Kampar saat ini dimanfaatkan untuk berbagai penggunaan antara lain untuk keperluan transportasi, irigasi pertanian, perikanan, domestik (masyarakat), air baku air minum dan industri. Luas daerah irigasi di DAS Kampar total sebesar 22.213 ha, daerah rawa seluas 35.000 ha, dengan air baku sebesar 75,9 m³/detik (debit minimum 124,8 m³/detik dan *maintenance flow* 48,9 m³/detik) (Kementerian PUPR 2015).

3.2. Pengetahuan, persepsi dan sikap responden terhadap konservasi daerah tangkapan air

Pengetahuan, persepsi dan sikap responden terhadap konservasi daerah tangkapan air merupakan variabel yang diteliti dalam kajian ini selain variabel karakteristik sosial ekonomi pelanggan yang diduga mempengaruhi keinginan membayar terhadap konservasi daerah tangkapan air. Sebanyak 200 responden pelanggan PLN dan 100 responden pelanggan PDAM diikutsertakan dalam kajian ini. Berdasarkan hasil kajian, ditemukan bahwa sebagian besar responden tidak mengetahui mengenai konservasi daerah tangkapan air (**Gambar 2**).

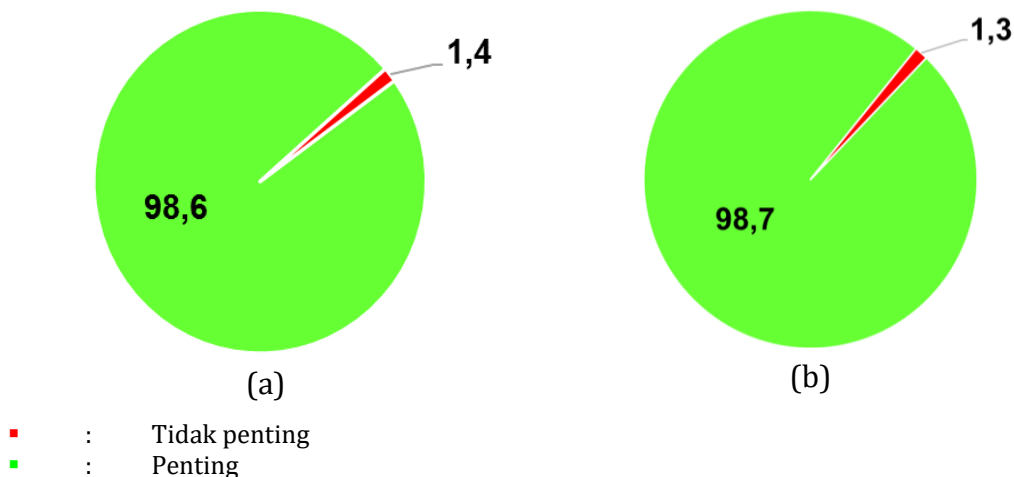


Gambar 2. Persentase pengetahuan responden tentang konservasi daerah tangkapan air (a=pelanggan PLN; b=pelanggan PDAM).

Sebanyak 34,5% responden PLN menyatakan mengetahui mengenai istilah dan tujuan konservasi daerah tangkapan air, sedangkan 65,5% responden menyatakan tidak mengetahui. Sementara untuk pelanggan PDAM, sebanyak 18,6% responden menyatakan mengetahui mengenai istilah dan tujuan konservasi daerah tangkapan air, sedangkan 81,4% responden menyatakan tidak mengetahui. Pengetahuan tersebut sebagian besar diperoleh dari internet, koran/media cetak, televisi dan sosialisasi dari dinas dan lembaga terkait.

Responden menyatakan bahwa tujuan melakukan konservasi daerah tangkapan air adalah untuk mempertahankan dan melestarikan daerah tangkapan air, untuk menyelamatkan lingkungan, untuk kelangsungan hidup dan untuk menjaga ketersediaan air di wilayahnya. Kesiediaan membayar menurut Fauzi (2010) adalah peubah tak bebas yang tergantung pada faktor sosial, ekonomi, budaya dan persepsi masyarakat terhadap perbaikan lingkungan. Pendapatan, pekerjaan, umur, jenis kelamin, pengetahuan tentang lingkungan, persepsi terhadap perubahan lingkungan dan partisipasi atau konsumsi bisa berpengaruh terhadap kesiediaan membayar.

Responden dari pelanggan PLN maupun PDAM hampir secara keseluruhan memiliki persepsi positif terhadap pentingnya upaya konservasi daerah tangkapan air (**Gambar 3**). Sebanyak 98,6% responden pelanggan PLN menyatakan bahwa penting untuk dilakukannya konservasi daerah tangkapan air, sedangkan 1,4% responden menyatakan sebaliknya karena ketidaktahuan. Sementara untuk pelanggan PDAM juga menunjukkan hal serupa, sebanyak 98,7% responden menyatakan penting dan 1,3% menyatakan tidak penting karena ketidaktahuan.



Gambar 3. Persentase persepsi responden mengenai pentingnya upaya konservasi daerah tangkapan air (a=pelanggan PLN; b=pelanggan PDAM).

Ketidaktahuan responden yang dimaksudkan adalah dikarenakan belum pernah mendengar istilah, tujuan dan manfaat konservasi daerah tangkapan air. Walaupun demikian, ada juga sebagian responden yang menyatakan penting meskipun belum pernah mendengar istilah, tujuan dan manfaat konservasi daerah tangkapan air. Hal tersebut dinyatakan oleh responden karena telah merasakan manfaat secara langsung dengan adanya ketersediaan air yang mencukupi untuk kebutuhan mereka. Adapun responden yang mengetahui tentang manfaat konservasi daerah tangkapan air menyatakan bahwa

manfaatnya adalah untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas air yang lebih baik, agar air dapat mengalir terus menerus, agar distribusi air merata dan kebutuhan akan air dapat terpenuhi secara berkesinambungan.

Sikap responden terhadap upaya konservasi daerah tangkapan air merupakan persetujuan responden terhadap upaya konservasi. Sebagian besar responden, baik PLN maupun PDAM menyatakan sikap setuju terhadap upaya konservasi daerah tangkapan air. Umumnya sebelum seseorang bersikap terhadap suatu objek, akan didahului oleh persepsi terhadap objek tersebut (Fripp 2014). Apabila persepsi terhadap sesuatu baik maka sikap seseorang terhadap suatu objek tersebut akan baik pula.

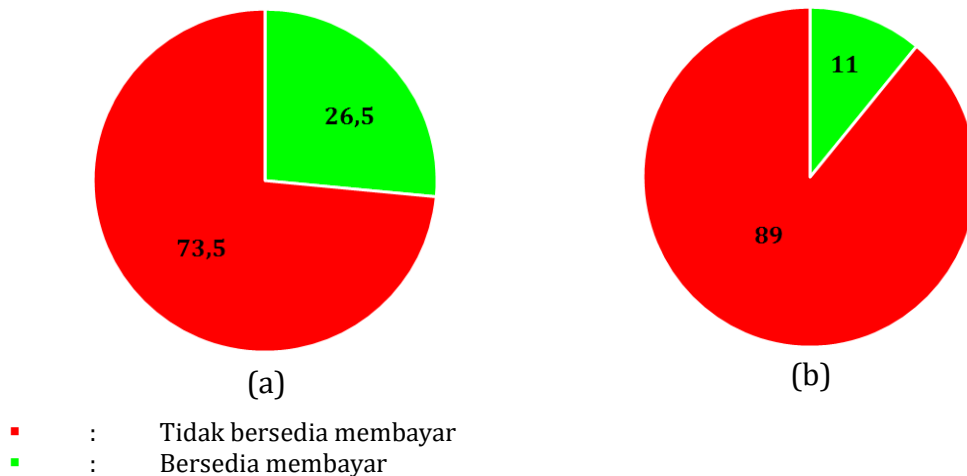
Persepsi tentang kuantitas dan kualitas air adalah penilaian responden PDAM terhadap kuantitas dan kualitas air yang diterima. Penilaian ini akan mempengaruhi kepuasan responden terhadap air. Kuantitas air dilihat dari penilaian responden tentang cukup atau tidak cukupnya air yang diterima. Sebanyak 98% responden PDAM menyatakan bahwa kuantitas air yang diterima adalah cukup dan hanya 2% responden yang menyatakan kuantitas air yang diterima tidak cukup.

Kualitas air dilihat dari penilaian responden PDAM tentang keadaan air yang dapat dilihat, dirasa dan dibaui oleh pancaindra responden. Sebanyak 81% responden menyatakan bahwa kualitas air yang mereka terima adalah baik (jernih dan tidak berbau) sehingga dapat digunakan untuk air minum dan memasak. Hanya sebanyak 9% responden menyatakan kualitas air yang mereka terima tidak baik yaitu keruh dan adanya bau kaporit terutama pada musim hujan.

3.3. Analisis keinginan membayar (WTP) pelanggan PLN dan PDAM

Keinginan membayar (WTP) terhadap konservasi daerah tangkapan air didapatkan dengan cara bertanya langsung terhadap responden yaitu kepada pelanggan PLN di Pekanbaru dan PDAM Tirta Kampar di Kabupaten Kampar, serta kepada jajaran *top management* perusahaan PLN dan PDAM Tirta Kampar. Hal yang ditanyakan adalah mengenai besarnya uang yang ingin dibayarkan untuk upaya konservasi daerah tangkapan air. Pada kajian ini, responden diberikan pilihan antara bersedia membayar atau tidak bersedia membayar untuk upaya konservasi daerah tangkapan air.

Berdasarkan hasil kajian, sebanyak 73,5% responden pelanggan PLN bersedia membayar dan 26,5% sisanya tidak bersedia. Sementara untuk responden PDAM, sebanyak 89% responden bersedia membayar dan 11% responden tidak bersedia (**Gambar 4**). Hal ini menunjukkan bahwa secara mayoritas, responden mempunyai kepedulian dan ingin berpartisipasi terhadap upaya konservasi daerah tangkapan air.



Gambar 4. Persentase kesediaan membayar program konservasi daerah tangkapan air (a=pelanggan PLN; b=pelanggan PDAM).

Responden bersedia membayar upaya konservasi daerah tangkapan air didasari oleh beberapa alasan yaitu kesadaran bahwa konservasi daerah tangkapan air merupakan tanggung jawab bersama antara pemerintah dan masyarakat; kesadaran terhadap manfaat konservasi yakni untuk kepentingan bersama; dan kesadaran bahwa air merupakan kebutuhan pokok atau penting sehingga untuk mendapatkan kuantitas, kualitas dan kontinuitas air yang lebih baik, terjaga dan berkelanjutan perlu dilakukan upaya konservasi.

Berdasarkan alasan tersebut, terlihat bahwa secara umum responden telah memiliki persepsi bahwa pentingnya upaya konservasi daerah tangkapan air memerlukan biaya dan semua pemanfaat jasa lingkungan air perlu berpartisipasi. Keadaan ini juga memperlihatkan bahwa secara umum mayoritas responden mempunyai kepedulian yang tinggi terhadap upaya konservasi daerah tangkapan air dan upaya perbaikan lingkungan. Menurut Drakel (2008), besarnya tingkat kepedulian seseorang terhadap upaya perbaikan lingkungan akan mempengaruhi kesediaan mereka untuk membayar (nilai WTP). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Ayunanto (2008) yang menyatakan bahwa persepsi responden sangat mempengaruhi kesediaannya dalam memberikan atau membayar nilai WTP.

Beberapa alasan yang menyebabkan responden tidak bersedia membayar upaya konservasi daerah tangkapan air adalah kondisi keuangan responden yang tidak mendukung atau memadai, anggapan bahwa konservasi daerah tangkapan air merupakan tanggung jawab pemerintah, telah ada anggarannya dalam APBN/APBD, telah membayar biaya administrasi kepada PLN dan PDAM tiap bulan dan merasa tarif listrik dan air pun sudah mahal. Berdasarkan alasan tersebut terlihat bahwa meskipun responden tidak bersedia membayar upaya

konservasi daerah tangkapan air, namun tetap mengharapkan tidak terganggunya pasokan listrik dan air. Hal ini terlihat dari alasan terbanyak tidak bersedianya membayar adalah dikarenakan alasan ekonomi atau kondisi keuangan responden tidak mendukung.

Nilai WTP pelanggan PLN terhadap konservasi daerah tangkapan air dianalisis dengan metode CVM. Sampel yang dianalisis adalah responden, baik yang memberikan jawaban bersedia membayar terhadap upaya konservasi daerah tangkapan air maupun yang tidak memberikan nilai WTP. Dari 200 responden yang diwawancarai terdapat 147 orang pelanggan (73,5%) yang bersedia membayar konservasi daerah tangkapan air dan 53 orang pelanggan (26,5%) tidak bersedia membayar (**Tabel 2**).

Nilai keinginan membayar dari pelanggan PLN bervariasi mulai dari Rp1.500/bulan sampai dengan Rp5.000/bulan, dengan nilai keinginan membayar (WTP) rata-rata sebesar Rp1.877/bulan. Adanya variasi nilai WTP yang diberikan oleh responden disebabkan oleh adanya perbedaan karakteristik sosial ekonomi responden dan perbedaan pengetahuan, penilaian dan sikap.

Tabel 2. Distribusi frekuensi nilai WTP pelanggan PLN.

No	Nilai WTP (Rp)	Frekuensi (f)	Persentase (%)	WTP x f
1	-	53	26,5	-
2	1.500	93	46,5	139.500
3	2.000	37	18,5	74.000
4	2.500	3	1,5	7.500
5	3.000	6	3	18.000
6	4.000	3	1,5	12.000
7	5.000	5	2,5	25.000
Jumlah		200	100,00	276.000
Rata-rata				1.877

Sama halnya dengan pelanggan PLN, nilai keinginan membayar (WTP) pelanggan PDAM terhadap konservasi daerah tangkapan air juga dianalisis dengan metode CVM. Sampel yang dianalisis adalah responden baik yang memberikan jawaban bersedia membayar terhadap upaya konservasi daerah tangkapan air PDAM maupun yang tidak memberikan nilai WTP. Dari 100 responden yang diwawancarai terdapat 94 orang pelanggan (94 %) yang bersedia membayar konservasi daerah tangkapan air PDAM dan 6 orang pelanggan (6%) tidak bersedia membayar.

Nilai keinginan membayar dari pelanggan PDAM bervariasi mulai dari Rp1.500/bulan sampai dengan Rp5.000/bulan, dengan nilai keinginan membayar (WTP) rata-rata sebesar Rp2.528/bulan (**Tabel 3**). Adanya variasi nilai WTP yang diberikan oleh responden disebabkan oleh adanya perbedaan karakteristik sosial ekonomi responden dan perbedaan pengetahuan, penilaian, sikap terhadap upaya konservasi sumber air baku dan persepsi terhadap

kuantitas dan kualitas air yang diterima pelanggan. Menurut Jordan dan Elnagheeb dalam Zakiah (2009), WTP seseorang untuk memperoleh kualitas air bersih yang lebih baik dipengaruhi oleh pendapatan, umur kepala keluarga, tingkat pendidikan, persepsi terhadap kualitas air bersih yang sekarang dikonsumsi (baik atau tidak) dan ketidakpastian tentang kuantitas dan kualitas air bersih yang dikonsumsi.

Tabel 3. Distribusi frekuensi nilai WTP pelanggan PDAM.

No	Nilai WTP (Rp)	Frekuensi (f)	Persentase (%)	WTP x f
1	-	11	11	-
2	1.500	29	29	43.500
3	2.000	26	26	52.000
4	2.500	4	4	10.000
5	3.000	14	14	42.000
6	4.000	2	2	8.000
7	4.500	1	1	4.500
8	5.000	13	13	65.000
Jumlah		100	100	225.000
Rata-rata				2.528

Nilai dugaan rata-rata WTP pelanggan PLN didapatkan dari nilai *mean* (rata-rata) terhadap 200 responden. Jika dihitung nilai median dari 200 responden didapatkan nilai sebesar Rp1.500/KK/bulan. Sementara nilai dugaan rata-rata WTP pelanggan PDAM yang didapatkan dari nilai *mean* terhadap 100 responden. Jika dihitung nilai median dari 100 responden didapatkan nilai sebesar Rp2000/KK/bulan. Dalam kajian ini yang digunakan adalah nilai WTP berdasarkan nilai *mean*. Nilai *mean*, median dan standar deviasi dari variabel WTP, pendapatan, tagihan listrik dan air, serta jumlah tanggungan keluarga disajikan pada **Tabel 4** dan **Tabel 5**.

Tabel 4. Hasil perhitungan statistik terhadap responden pelanggan PLN.

No	Variabel	Mean	Median	Standar deviasi
1	WTP (Rp)	1.878	1.500	762,09
2	Pendapatan (Rp/bulan)	3.141.500	3.000.000	1.766.360
3	Tagihan Listrik (Rp/bulan)	583.675	600.000	363.287
4	Jumlah Tanggungan Keluarga (orang)	3	3	1,99

Jika rata-rata nilai WTP pelanggan PLN adalah Rp1.878/bulan dan bila dibandingkan dengan kemampuan membayar pelanggan PLN yang dilihat dari rata-rata pendapatan per bulannya sebesar Rp3.141.500, maka nilai WTP yang diberikan tersebut tergolong sangat kecil. Nilai rata-rata WTP responden sebesar Rp1.878/bulan juga lebih kecil dari nilai rata-rata tagihan rekening listrik yang dibayarkan pelanggan setiap bulannya yakni sebesar Rp583.675/bulan.

Tabel 5. Hasil perhitungan statistik terhadap responden pelanggan PDAM.

No	Variabel	Mean	Median	Standar deviasi
1	WTP (Rp)	2.528	2.000	1.209,24
2	Pendapatan (Rp/bulan)	3.147.000	3.000.000	1.716.554
3	Tagihan Listrik (Rp/bulan)	100.093	69.055	83.751,29
4	Jumlah Tanggungan Keluarga (orang)	3	3	1,15

Jika rata-rata nilai WTP pelanggan adalah Rp2.528/bulan dan dibandingkan dengan kemampuan membayar pelanggan PDAM yang dilihat dari rata-rata pendapatan per bulannya sebesar Rp3.147.000, maka nilai WTP yang diberikan tersebut tergolong sangat kecil. Nilai rata-rata WTP responden sebesar Rp2.528/bulan juga lebih kecil dari nilai rata-rata tagihan rekening air yang dibayarkan pelanggan setiap bulannya yakni sebesar Rp100.093/bulan.

Nilai keinginan membayar agregat atau WTP total (TWTP) adalah akumulasi dari nilai WTP sampel terhadap jumlah populasi, sehingga dihasilkan nilai total sesuai kondisi faktual. **Tabel 6** menunjukkan bahwa dari 476.931 pelanggan PLN didapatkan nilai WTP total terhadap upaya konservasi daerah tangkapan air sebesar Rp895.462.286 per bulan atau sekitar Rp10.745.547.432 per tahun. Selanjutnya, **Tabel 7** menunjukkan bahwa dari 6.829 pelanggan PDAM Tirta Kampar, didapatkan nilai WTP total terhadap upaya konservasi daerah tangkapan air adalah Rp16.919.039 per bulan atau sekitar Rp203.028.472 per tahun. Jika digabung antara WTP pelanggan PLN dan PDAM, maka didapatkan nilai sekitar Rp10.948.575.904 per tahun.

Tabel 6. Nilai WTP total pelanggan PLN.

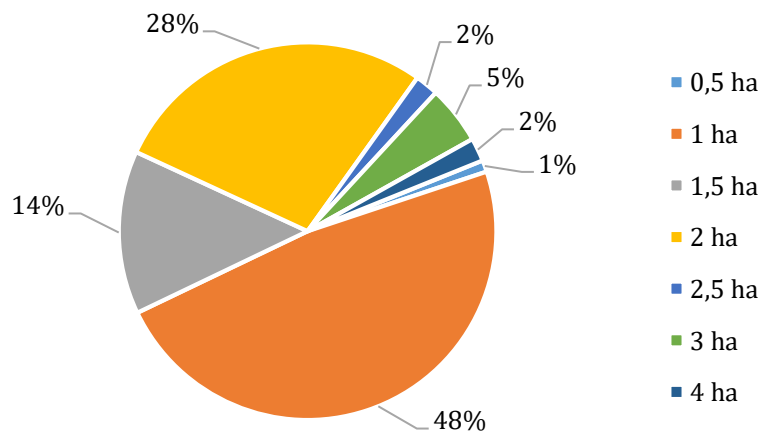
No	Nilai WTP (Rp)	Q sampel	% Q sampel	% Kumulatif Q sampel	Q pelanggan	P * Q	WTP kumulatif
1	1.500	93	63,27	63,27	301.732	452.597.786	452.597.786
2	2.000	37	25,17	88,44	120.044	240.087.714	692.685.500
3	2.500	3	2,04	90,48	9.733	24.333.214	717.018.714
4	3.000	6	4,08	94,56	19.467	58.399.714	775.418.429
5	4.000	3	2,04	96,60	9.733	38.933.143	814.351.571
6	5.000	5	3,40	100,00	16.222	81.110.714	895.462.286
Jumlah		147	100,00		476.931		

Tabel 7. Nilai WTP total pelanggan PDAM.

No	Nilai WTP (Rp)	Q sampel	% Q sampel	% Kumulatif Q sampel	Q pelanggan	P * Q	WTP kumulatif
1	1.500	29	33	33	2.225	3.337.770	3.337.770
2	2.000	26	29	62	1.995	3.989.978	7.327.747
3	2.500	4	4	66	307	767.303	8.095.051
4	3.000	14	16	82	1.074	3.222.674	11.317.725
5	4.000	2	2	84	153	613.843	11.931.567
6	4.500	1	1	85	77	345.287	12.276.854
7	5.000	13	15	100	997	4.987.472	16.919.039
Jumlah		89	100		6.829		

Nilai keinginan membayar (WTP) total terhadap upaya konservasi daerah tangkapan air dari pelanggan PLN dan PDAM tersebut merupakan nilai estimasi kompensasi dana konservasi dari pemanfaat air untuk melindungi daerah tangkapan air. Bagi pelanggan PLN dan PDAM sebagai pemanfaat air, nilai kontribusi konservasi tersebut merupakan bentuk dari kontribusi hilir untuk membantu melestarikan kawasan daerah tangkapan air di bagian hulu. Estimasi dana konservasi yang berasal dari pemanfaat air tersebut bisa digunakan untuk membiayai upaya rehabilitasi dan konservasi daerah tangkapan yang sekarang kondisinya sudah banyak yang kritis.

Keinginan menerima (WTA) terhadap konservasi daerah tangkapan air didapatkan dengan cara bertanya langsung terhadap responden di daerah tangkapan air di Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat mengenai besarnya uang yang diperlukan untuk upaya konservasi daerah tangkapan air. Dalam kajian ini, responden diberikan pertanyaan mengenai persetujuan mereka terhadap upaya konservasi daerah tangkapan air melalui skema jasa lingkungan. Semua responden menyatakan setuju terhadap skema jasa lingkungan dan bersedia pula mengikuti program konservasi daerah tangkapan air melalui skema jasa lingkungan. Persentase luasan rata-rata lahan responden yang akan diikutsertakan dalam jasa lingkungan dapat dilihat pada **Gambar 5**. Saat ini, komoditas yang diusahakan pada lahan-lahan tersebut meliputi cabai, cengkeh, durian, gambir, karet, limau, manggis, padi, pinang, pinus dan sawit.



Gambar 5. Persentase luasan rata-rata lahan responden yang ikut serta dalam upaya konservasi daerah tangkapan air.

Keinginan responden untuk terlibat dalam upaya konservasi daerah tangkapan air didasari oleh beberapa alasan yaitu kesadaran bahwa konservasi daerah tangkapan air merupakan tanggung jawab bersama antara pemerintah dan masyarakat; kesadaran terhadap manfaat konservasi yakni untuk

kepentingan bersama; dan kesadaran bahwa air merupakan kebutuhan pokok atau penting sehingga untuk mendapatkan kuantitas, kualitas dan kontinuitas air yang lebih baik, terjaga dan berkelanjutan perlu dilakukan upaya konservasi.

Nilai keinginan menerima (WTA) didapatkan dengan memberikan pilihan biaya kepada responden. Nilai yang didapatkan sudah dianggap mencukupi untuk pembiayaan konservasi daerah tangkapan air, yaitu penanaman dan pemeliharaan pohon. Nilai keinginan menerima (WTA) responden adalah Rp5.900/pohon/tahun.

Nilai WTP pemanfaat air sebesar Rp10.948.575.904 per tahun dapat digunakan untuk kegiatan konservasi secara vegetatif dan sipil teknis. Berdasarkan PerDirjen PDASHL Nomor P.8 Tahun 2017 tentang Harga Satuan Pokok Kegiatan Bidang Pengendalian DAS dan Hutan Lindung Tahun 2018, biaya pembuatan tanaman reboisasi/rehabilitasi adalah Rp13.375.000 per ha mulai dari persiapan sampai dengan pelaksanaan di lapangan. Jika tersedia nilai WTP konservasi daerah tangkapan air sebesar Rp10.948.575.904 per tahun dari pemanfaat air, biaya konservasi ini dapat digunakan untuk merehabilitasi lahan kritis seluas 818,58 ha per tahun di daerah tangkapan air Koto Panjang. Jika dikaitkan dengan nilai WTA, maka biaya konservasi ini dapat digunakan untuk menanam 1.855.690 pohon per tahun. Biaya konservasi yang berasal dari nilai WTP pemanfaat air di DAS Kampar diharapkan akan mempercepat upaya rehabilitasi lahan kritis yang merupakan daerah tangkapan air penting.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Nilai keinginan membayar (WTP) dari pelanggan PLN adalah sebesar Rp895.462.286 per bulan atau sekitar Rp10.745.547.432 per tahun, sedangkan WTP dari pelanggan PDAM adalah sebesar Rp16.919.039 per bulan atau sekitar Rp203.028.472 per tahun. Nilai WTP total adalah Rp10.948.575.904 per tahun. Terdapat 7 variabel yang diduga berpengaruh terhadap keinginan membayar yaitu pendapatan, jumlah tanggungan, tagihan listrik dan air, jenis kelamin, pengetahuan tentang konservasi, pendidikan, persepsi tentang konservasi. Variabel pendapatan sangat berpengaruh terhadap konservasi daerah tangkapan air.

Nilai keinginan menerima (WTA) responden adalah sebesar Rp5.900/pohon/tahun. Nilai ini sudah dianggap mencukupi untuk pembiayaan konservasi daerah tangkapan air yang terdiri dari penanaman dan pemeliharaan pohon. Nilai WTP pemanfaat air sebesar Rp10.948.575.904 per tahun dapat digunakan untuk kegiatan konservasi secara vegetatif dan sipil teknis. Nilai WTP ini dapat digunakan untuk merehabilitasi lahan kritis seluas 818,58 ha per tahun atau untuk menanam 1.855.690 pohon per tahun.

4.2. Saran

Komunikasi dan koordinasi antar pemangku kepentingan dan antar daerah harus semakin giat dilaksanakan, dalam hal ini harus ada pihak yang mengambil peran sebagai fasilitator. Perlu dilakukan identifikasi terhadap pemanfaat air potensial lainnya walaupun dalam konteks lokal.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ayunanto T. 2008. Pengaruh persepsi terhadap willingness to pay pengelolaan sampah rumah tangga Kota Cilacap [Tesis]. Program Pascasarjana, Universitas Padjadjaran. Bandung.
- [BWSS III] Balai Wilayah Sungai Sumatera III. 2007. Laporan akhir penyusunan pola pengelolaan sumber daya air wilayah Sungai Kampar. BWSS III. Pekanbaru.
- Drakel A. 2008. Analisis kemauan membayar masyarakat perkotaan untuk jasa perbaikan lingkungan, lahan dan air [Tesis]. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Fauzi A. 2010. Ekonomi sumberdaya alam dan lingkungan: teori dan aplikasi. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Fripp E. 2014. Payments for ecosystem services (PES): a practical guide to assessing the feasibility of PES projects. Center for International Forestry Research (CIFOR). Bogor.
- Grizetti B, Lanzanova D, Liqueste C, Reynaud A and Cardoso AC. 2016. Assessing water ecosystem services for water resource management. *Environmental Science & Policy* 61(2016):194–203.
- [Kementerian PUPR] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2015. Pola pengelolaan sumber daya air wilayah Sungai Kampar. Kementerian PUPR. Jakarta.
- Kusuma DW. 2018. Tinjauan imbal jasa lingkungan pada daerah aliran sungai (DAS) Kampar Hulu (studi kasus di Kecamatan Bukit Barisan, Kabupaten Limapuluh Kota) [Prosiding]. Prosiding Seminar Nasional PIT ke-5 Riset Kebencanaan IABI 679-694.
- PerDirJen PDASHL (Peraturan Direktur Jenderal Pengendalian DAS dan Hutan Lindung) Nomor P.8 Tahun 2017 tentang harga satuan pokok kegiatan bidang pengendalian DAS dan hutan lindung tahun 2018.
- Pour MT, Kalashami and Kavoosi K. 2012. Applying CVM for economic valuation of drinking water in Iran. *International Journal of Agricultural Management & Development* 2(3):209-214.
- Zakiah YH. 2009. Analisis willingness to pay pelanggan PDAM terhadap konservasi sumber air baku PDAM (studi kasus di Kota Bandung) [Tesis]. Program Pascasarjana, Universitas Padjadjaran. Bandung.

Pengendalian biomassa *giant salvinia* (*Salvinia molesta*) dengan *grass carp* (*Ctenopharyngodon idella*)

R. N. Rahmi^{1*}, H. Effendi², M. M. Kamal¹

¹Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

²Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

Abstrak.

Penelitian dilaksanakan selama 28 hari di Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Institut Pertanian Bogor (PPLH-IPB). Perlakuan terdiri dari ikan kecil (panjang total 7-12 cm) dengan kepadatan 5 dan 10 ikan/aquarium dan ikan besar (panjang total 21-24 cm) dengan kepadatan 2 dan 4 ekor/aquarium. Kiambang (*Salvinia molesta*) dengan biomassa awal 100 gram dimasukkan pada setiap akuarium untuk menutupi permukaan wadah sebesar 75%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bobot tertinggi biomassa *giant salvinia* yang dikonsumsi sebesar 164,13±62,12 gram terjadi pada perlakuan *grass carp* ukuran besar dengan padat tebar 4 ekor, yang diikuti dengan pertambahan bobot ikan rata-rata sebesar 6,63±6,51 gram.

Abstract.

The study was conducted for 28 days, at Environmental Research Center (ERC), IPB University. The treatments consisted of small fish (7-12 cm total length) with a density of 5 and 10 fishes/aquarium and large fish (total length of 21-24 cm) with densities of 2 and 4 fishes/aquarium. *Salvinia molesta* with an initial biomass of 100 grams was added to each aquarium to cover the surface of the container by 75%. The results showed that the highest weight of *giant Salvinia* biomass consumed was 164.13±62.12 gram occurred in large *grass carp* treatment with 4 fishes stocking density, followed by an average fish weight gain of 6.63±6.51 gram.

Keywords: *salvinia*, *grass carp*, weed, biomass

Kata kunci: *salvinia*, *grass carp*, gulma, biomassa

1. PENDAHULUAN

Ikan herbivor sering digunakan sebagai kontrol biologis untuk mengatasi gulma di perairan. Pemanfaatan *grass carp* (*Ctenopharyngodon idella* Val.) sebagai agen biokontrol untuk tumbuhan air tertentu telah banyak digunakan. Cara ini dapat menentukan tingkat konsumsi *grass carp* terhadap biomassa gulma air (*Salvinia molesta*) yang dijadikan objek makanan bagi ikan tersebut. Penggunaan kontrol biologis akan meminimalisir biaya dalam upaya penanganan pertumbuhan pesat (*blooming*) gulma air dibandingkan dengan cara pengambilan langsung. Selain itu, cara ini juga merupakan cara yang ramah lingkungan.

Grass carp banyak ditemukan di sungai-sungai besar di China, seperti Sungai Pearl, Sungai Qiantangjiang, Sungai Changjiang, Sungai Huiake dan ke utara sampai ke sistem Sungai Amur dan Sungai Heilongjiang (Mitchell 2009). Chilton and Muoneke (1992) mengemukakan bahwa popularitas penggunaan *grass carp* sebagai agen biokontrol tumbuhan air berkaitan dengan kemampuan dan daya tahan tubuhnya, mudah dibudidayakan, kontrol biologis yang efektif untuk berbagai tumbuhan air, serta sebagai sumber protein yang berkualitas tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kontrol vegetasi dengan *grass*

* Korespondensi Penulis
Email : rizkinovira@gmail.com

carp adalah padat tebar ikan, iklim regional, serta kelimpahan dan komposisi spesies tumbuhan air (Garner *et al.* 2013; Silva *et al.* 2014).

Giant salvinia (*Salvinia molesta* Mitchell) adalah tanaman air yang memiliki kemampuan tumbuh pada perairan dengan nutrisi yang rendah dan memiliki pertumbuhan yang sangat cepat (Baki 1988). *Giant salvinia* merupakan tanaman yang sangat baik dalam meremediasi limbah organik dan anorganik, karena memiliki sifat hiperakumulator yang tinggi dan pertumbuhan yang sangat cepat (McFarland *et al.* 2004). Beberapa tumbuhan air memiliki epidermis dengan trikoma, berfungsi sebagai penghalang patogen dan mengeluarkan metabolit sekunder sebagai hasil sampingan dari pertahanan. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa trikoma dapat berperan dalam detoksifikasi logam berat (Lee *et al.* 2002).

Giant salvinia mampu berkembang dan memperbanyak populasinya sebanyak dua kali lipat dalam waktu satu minggu (Hartono *et al.* 2014). Namun di sisi lain, pertumbuhan yang cepat dari vegetasi ini menjadikannya termasuk sebagai gulma air yang merugikan, karena menyebabkan tertutupnya permukaan perairan. Hal tersebut akan mendorong terjadinya pendangkalan pada perairan dan mengurangi intensitas sinar matahari yang masuk ke perairan, sehingga konsentrasi oksigen terlarut di perairan akan mengalami penurunan. Selain itu, kemampuan tumbuhan ini dalam menggandakan dirinya dengan sangat cepat juga menimbulkan hal negatif, karena dapat menggantikan tanaman air asli pada danau seperti ganggang (*Hydrilla*). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini berfokus untuk mengetahui bagaimana tingkat konsumsi *grass carp* (*Ctenopharyngodon idella* Val.) terhadap tumbuhan air *giant salvinia* (*Salvinia molesta* Mitchell).

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan selama 28 hari di Pusat Penelitian Lingkungan Hidup-Institut Pertanian Bogor (PPLH-IPB). Penelitian dilakukan dalam dua tahap dengan mengacu pada Kasinak *et al.* (2015) meliputi :

- 1) Persiapan & perancangan wadah untuk menumbuhkan tanaman air *giant salvinia* (*Salvinia molesta* Mitchell) dan pemeliharaan *grass carp* (*Ctenopharyngodon idella* Val.) sebagai biokontrol. Sebanyak 12 akuarium dengan volume air 75 liter disiapkan sebagai wadah dalam penelitian.
- 2) Pengujian tingkat konsumsi ikan *grass carp* terhadap *giant salvinia* sebagai pakan alaminya. Perlakuan dalam pengujian berupa ukuran ikan kecil (panjang total 7-12 cm) dengan padat tebar 5 dan 10 ekor dan ukuran besar (panjang total 21-24 cm) dengan padat tebar 2 dan 4 ekor dengan masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan.

Giant salvinia dan *grass carp* terlebih dahulu dilakukan proses aklimatisasi selama 3 hingga 5 hari. Pemeliharaan *grass carp* dilakukan di dalam wadah yang dipersiapkan dengan air yang telah diaerasi selama 2-3 hari agar tersedia oksigen dalam air dan pemasangan *heater* untuk mengatur suhu air agar tetap stabil (27-30°C), agar *grass carp* dan kiambang dapat tumbuh dengan baik. Peralihan pakan dilakukan bertahap dari eceng gondok yang semula sebagai makanan utama menjadi *giant salvinia*, dengan menyisipkan *giant salvinia* sebagai makanan baru. Bila ikan mulai mengonsumsi *giant salvinia*, artinya *grass carp* telah menyesuaikan diri dengan *giant salvinia* sebagai makanan utamanya.

Percobaan dilakukan terhadap ikan yang telah dipuasakan selama 2 hingga 3 hari. Menurut Kasinak *et al.* (2015), ikan yang dipuasakan sebelum dilakukan penelitian dimaksudkan untuk meningkatkan rasa lapar dan meningkatkan nafsu makan, agar tingkat konsumsi terhadap *giant salvinia* bisa optimal. Perawatan akuarium, seperti penyifonan dan penambahan air dilakukan secara rutin setiap harinya untuk mengembalikan volume air agar selalu 75 liter.

Giant salvinia (*Salvinia molesta*) ditanam pada media yang telah disediakan dengan biomassa awal sebesar 100 gram pada setiap akuarium untuk menutupi permukaan wadah sebesar 75% (**Gambar 1**). Sebagai perlakuan, ditebarkan *grass carp* dengan jumlah yang berbeda pada setiap akuarium yakni padat tebar 5 dan 10 untuk ikan ukuran kecil dengan masing-masing 3 kali ulangan dan padat tebar 2 dan 4 ekor untuk ikan ukuran besar pada masing-masing wadah dengan umur ikan di atas 3 minggu. Hal ini berdasarkan pada Cudmore and Mandrak (2004) yang menyatakan bahwa pada minggu ke tiga, *grass carp* mulai memakan tanaman. Pemeliharaan dilakukan dengan pengontrolan faktor yang dapat menjadi stresor bagi ikan yang dipelihara tanpa pemberian pakan tambahan dari aspek ukuran dan padat tebar.



Gambar 1. *Giant salvinia* yang menutupi sekitar 75% akuarium.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Air yang digunakan merupakan air yang telah diaerasi selama 3 hari dengan suhu 27-30°C. Pada sistem pemeliharaan, suhu sangat berpengaruh terhadap kemampuan makan *grass carp* dalam mengonsumsi *giant salvinia* (Yang *et al.* 2016).

3.1. Tingkat konsumsi *giant salvinia* oleh *grass carp*

Grass carp banyak dimanfaatkan sebagai agen kontrol biologi dari vegetasi air karena *grass carp* memiliki usus yang lebih pendek dibandingkan dengan ikan herbivor lainnya. Usus pendeknya memiliki waktu retensi kurang dari 8 jam dan pengurangan efisiensi pencernaan 60-70%. Karena pengurangan efisiensi pencernaannya, *grass carp* mengonsumsi banyak vegetasi (Masser 2002).

Silva *et al.* (2014) menggunakan *grass carp* dalam penelitiannya sebagai agen kontrol biologi terhadap beberapa makrofita air di Brazil, diantaranya *Ceratophyllum Demersum*, *Egeria densa* dan *Egeria najas*. Hasil yang ditunjukkan dalam penggunaan *grass carp* terhadap preferensi pakan pada makrofita tersebut secara berturut-turut yaitu *C. demersum* sebagai preferensi pakan tertinggi, selanjutnya adalah *E. najas* dan *E. densa*.

Selama 28 hari pemeliharaan, *grass carp* mengonsumsi *giant salvinia* dengan kemampuan yang berbeda untuk setiap ukuran dan jumlah padat tebar (**Tabel 1**). Berdasarkan hasil yang diperoleh, *giant salvinia* yang dikonsumsi oleh *grass carp* berukuran besar dengan padat tebar 4 yaitu 164,13±62,12 gram, dengan penambahan *giant salvinia* sebanyak 100±0,0 gram selain perlakuan semula. Penambahan *giant salvinia* ini dilakukan karena *giant salvinia* telah habis dikonsumsi sebelum 28 hari. Sementara itu, ikan besar dengan padat tebar 2 ekor dapat menghabiskan *giant salvinia* sebanyak 94,77±4,58 gram. *Grass carp* ukuran kecil dengan padat tebar 10 ekor mengonsumsi *giant salvinia* sebanyak 87,00±1,73 gram. *Grass carp* ukuran kecil dengan padat tebar 5 ekor mengonsumsi *giant salvinia* sebanyak 56,77±7,12 gram.

Tabel 1. Tingkat konsumsi *grass carp* terhadap *giant salvinia* selama 28 hari.

Perlakuan	Bobot <i>giant salvinia</i> (gram)			
	t ₀	Penambahan <i>giant salvinia</i>	T ₂₈	Jumlah yang dikonsumsi <i>grass carp</i>
4 ekor ikan besar	100±0,0	100±0,0	2,53±4,39	-164,13±62,12
2 ekor ikan besar	100±0,0	0,0±0,0	5,23±4,59	-94,77±4,58
10 ekor ikan kecil	100±0,0	0,0±0,0	13,00±1,73	-87,00±1,73
5 ekor ikan kecil	100±0,0	0,0±0,0	43,23±7,12	-56,77±7,12

Giant salvinia bertahan pada suhu ekstrem (3-43°C) dan optimum pada suhu 24-28°C. Disamping itu, suhu optimum tingkat konsumsi *grass carp* antara 21°C hingga 30°C (Masser 2002). Namun, pada suhu optimum yang diterapkan

dalam sistem pemeliharaan (27-30°C) diperoleh hasil bahwa kemampuan makan *grass carp* lebih optimum dibandingkan dengan kemampuan tumbuh *giant salvinia*.

Hal yang sama terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh McIntosh *et al.* (2003) yang meneliti kemampuan makan tilapia terhadap *giant salvinia*. Hasil yang diperoleh berupa konsumsi *giant salvinia* sebesar $491 \pm 117,4$ gram dengan biomassa awal $380 \pm 0,0$ gram dan penambahan sebesar $228 \pm 208,1$ gram. *Grass carp* dan tilapia sebelumnya telah diperkenalkan di beberapa perairan sepanjang Sungai Colorado yang dipenuhi oleh vegetasi *giant salvinia* dan dapat berkontribusi sebagai agen kontrol biologi gulma invasif ini.

3.2. Perubahan bobot *grass carp* akibat aktivitas pakan

Perubahan bobot *grass carp* ukuran besar dengan padat tebar 4 ekor selama 28 hari mengonsumsi *giant salvinia* adalah peningkatan bobot rata-rata sebesar $6,63 \pm 6,51$ gram. Hal yang sama terjadi pada perlakuan ikan kecil dengan padat tebar 10 ekor, dengan peningkatan bobot rata-rata sebesar $0,79 \pm 0,63$ gram. Berbeda halnya yang terjadi pada ikan besar dengan padat tebar 2 ekor dan perlakuan ikan kecil dengan padat tebar 5 ekor, yang terjadi adalah penurunan pada bobot ikan. Penurunan yang terjadi secara berturut-turut adalah sebesar $2,05 \pm 17,03$ gram dan $0,21 \pm 0,95$ gram. Perubahan-perubahan yang terjadi pada bobot *grass carp* selama 28 hari pemeliharaan untuk setiap perlakuan padat tebar berbeda disajikan melalui **Tabel 2**.

Tabel 2. Perubahan bobot rata-rata *grass carp* setelah 28 hari.

Perlakuan	Bobot <i>grass carp</i> (gram)		
	t_0	T_{28}	Perubahan
4 ekor ikan besar	$111,78 \pm 4,81$	$118,41 \pm 10,35$	$6,63 \pm 6,51$
2 ekor ikan besar	$103,68 \pm 14,95$	$101,30 \pm 13,59$	$-2,05 \pm 17,03$
10 ekor ikan kecil	$12,91 \pm 1,22$	$12,60 \pm 1,02$	$0,79 \pm 0,63$
5 ekor ikan kecil	$13,38 \pm 1,66$	$11,21 \pm 1,53$	$-0,21 \pm 0,95$

Penurunan bobot yang terjadi pada *grass carp* diduga akibat adanya penurunan nafsu makan ikan selama pemeliharaan. Hal ini didukung oleh Rahardjo *et al.* (2011), bahwa ikan tidak mengonsumsi pakan sepanjang hari, melainkan pada waktu tertentu yang berhubungan dengan kepenuhan lambung. Selain itu diduga pula terjadi akibat tidak adanya pilihan makanan, yang artinya *giant salvinia* merupakan satu-satunya sumber makanan untuk *grass carp*. Penurunan bobot terjadi pula pada ikan nila dalam penelitian McIntosh *et al.* (2003), dijelaskan bahwa hal ini karena kurangnya manfaat gizi yang diberikan *giant salvinia* kepada ikan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penurunan tertinggi biomassa *giant salvinia* terjadi pada perlakuan *grass carp* berukuran besar dengan padat tebar 4 ekor. Penurunan yang terjadi sebesar $164,13 \pm 62,12$ gram, yang juga diikuti dengan penambahan bobot rata-rata *grass carp* sebesar $6,63 \pm 6,51$ gram.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Syukur kepada Allah SWT dan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Lingkungan Hidup, Institut Pertanian Bogor (PPLH-IPB).

6. DAFTAR PUSTAKA

- Baki BB. 1988. *Salvinia molesta* Mitchell–biology and prospects of biological control with *Cyrtobagous salviniae* calder & sands in Malaysia. Central Research Laboratories. Selangor.
- Chilton EW and Muoneke MI. 1992. Biology and management of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*, Cyprinidae) for vegetation control : a North American perspective. *Rev Fish Biol Fisheries* 2(1992):283–320.
- Cudmore B and Mandrak NE. 2004. Biological synopsis of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2705:1-44.
- Garner AB, Kwak TJ, Manuel KL and Barwick DH. 2013. High-density grass carp stocking effect on a reservoir invasive plant and water quality. *J. Aquat. Plant Manage.* 51:27-33.
- Hartono JSS, Same M dan Parapasan Y. 2014. Peningkatan mutu kompos kiambang melalui aplikasi teknologi hayati dan kotoran ternak sapi. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 14(1):196-202.
- Kasinak JE, Bishop CJ, Wright RA and Wilson AE. 2015. Grass carp do not consume the nuisance benthic cyanobacterium, *Lyngbya wollei*. *J. Aquat Plant Manage.* 53:74-80.
- Lee S, Moon JS, Domier LL and Korban SS. 2002. Molecular characterization of phytochelatase synthase expression in transgenic Arabidopsis. *Plant Physiology and Biochemistry* 40(9):727-733.
- Masser MP. 2002. Using grass carp in aquaculture and private impoundments. Southern Regional Aquaculture Center. Texas.
- McFarland DG, Nelson LS and Grodowitz MJ. 2004. *Salvinia molesta* D.S. Mitchell (*giant salvinia*) in the United States: a review of species ecology and approaches to management. Aquatic Plant Control Research Program (APCRP), U.S. Army Engineer Research and Development Center (ERDC). Vicksburg.

- McIntosh D, King C and Fitzsimmons K. 2003. Tilapia for biological control of *Giant Salvinia*. J. Aquat. Plant Manage. 41:28-31.
- Mitchell CP. 2009. Profile of white amur and silver amur from the results of releases in New Zealand. Raglan: Charles Mitchell and Associates Biological Consultants. New Zealand.
- Rahardjo MF, Sjafei DS, Affandi R dan Sulistiono. 2011. Iktiologi. Lubuk Agung. Bandung.
- Silva AF, Cruz C, Pitelli RLCM and Pitelli RA. 2014. Use of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) as a biological control agent for submerged macrophytes. Planta Daninha 32(4):765-773.
- Yang Y, Yu H, Li H, Wang A and Yu HY. 2016. Effect of high temperature on immune response of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) by transcriptome analysis. Fish & Shellfish Immunolog 58(2016):89-95.

JURNAL PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY MANAGEMENT

ISSN 2598-0017 | E-ISSN 2598-0025

Vol. 3 No. 3, Desember 2019

Kesesuaian rencana pembangunan kampus PDD-PSDKU IPB 354-363
Sukabumi dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota
Sukabumi

(Mursalin, G. Prayoga, T. Permadi)

Effect of teacher's performance in the implementation of 364-378
environmental education to the student's active participation in
maintaining environmental sustainability

(Kristalinawati, S. W. Utomo, T. E. B. Susilo)

Efektivitas pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit 379-388
Sukaregang Garut dengan adsorben karbon aktif dan ijuk

(R. Fachria, H. Ramdan, I. N. P. Aryantha)

Kajian pengembangan imbal jasa lingkungan di daerah aliran 389-402
sungai (DAS) Kampar

(M. Yunus, A. Haryanto)

Pengendalian biomassa *giant salvinia* (*Salvinia molesta*) dengan 403-409
grass carp (*Ctenopharyngodon idella*)

(R. N. Rahmi, H. Effendi, M. M. Kamal)

Tersedia secara *online* di www.bkpsl.org/ojswp/index.php/jplb

Sekretariat Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (JPLB)

Gedung Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) Lantai 4

Kampus IPB Dramaga Bogor 16680

Telp. 0251 – 8621262; Fax. 0251 – 8622134

e-mail : jplb@bkpsl.org / jurnalbkpsl@gmail.com



9 772598 002001



9 772598 001004