

## INTERNALISASI LIMBAH CAIR INDUSTRI KECIL MENENGAH (IKM) TAPIOKA MELALUI IPAL BIOGAS UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK

Rita Rahmawati<sup>1\*</sup>, Eka Intan Kumala Putri<sup>2</sup>, Meti Ekayani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Badan Koordinasi Pemerintahan dan Pembangunan Wilayah I Provinsi Jawa Barat

<sup>2</sup>Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor

\*Email: rita.fd02@gmail.com

### RINGKASAN

Industri tapioka merupakan industri yang berpotensi menimbulkan pencemaran karena limbah cair yang dihasilkan dari industri ini mengandung bahan organik yang tinggi. Berdasarkan hal tersebut, perlu mengetahui dampak dari buangan limbah cair tapioka dan juga nilai kesediaan membayar (*willingness to pay*) industri kecil menengah (IKM) tapioka untuk mengelola limbahnya. Limbah cair tapioka memiliki prospek untuk dikembangkan menjadi biogas dan digunakan sebagai pembangkit listrik, agar usaha pemanfaatan limbah cair tapioka dapat berkelanjutan, perlu dilakukan analisis kelayakan finansial. Penelitian dilakukan di Desa Sentul dan Desa Kadumangu Kecamatan Babakan Madang, serta Desa Nanggewer Kecamatan Cibinong Kabupaten Bogor. Pengambilan data dilakukan dengan observasi lapang, wawancara, dokumentasi, dan *study literature*. Responden dalam penelitian ini sebanyak 100 pengrajin tapioka yang berada di Desa Kadumangu serta 40 kk di Desa Nanggewer dan 30 kk di Desa Sentul. Analisis kualitatif digunakan untuk mengidentifikasi dampak dari buangan limbah cair tapioka. Nilai *willingness to pay* (WTP) dilakukan melalui metode *contingen valuation method* sedangkan untuk mengetahui kelayakan perusahaan biogas dilakukan uji *net present value*, *internal rate return* dan *net benefit/cost*. Hasil penelitian menunjukkan nilai WTP IKM tapioka belum cukup untuk mendanai biaya investasi pembangunan biogas sebagai pembangkit listrik, namun secara finansial pengolahan limbah tapioka menjadi biogas layak untuk dijalankan, sehingga dibutuhkan peran pemerintah untuk penyediaan alat baik itu dalam bentuk hibah maupun dalam bentuk kredit lunak.

Keyword : eksternalitas, internalisasi, limbah cair tapioka, pembangkit listrik, *Willingness to pay* (WTP)

### PERNYATAAN KUNCI

- Buangan limbah cair tapioka ke Sungai Cikeas menimbulkan bau tidak sedap, pertumbuhan nyamuk yang meningkat dan gangguan kesehatan seperti mual, pusing, gatal bagi masyarakat sekitar sungai,

sedangkan bagi pihak PDAM Tirta Kahuripan yang memanfaatkan air Sungai Cikeas sebagai air baku untuk kebutuhan pelanggannya, limbah tapioka menambah biaya PDAM untuk menghasilkan air bersih.

- Para IKM tapioka sebagai pihak pencemar perlu melakukan upaya terhadap limbah cair tapioka yang sudah menyebabkan pencemaran terhadap pihak lain sebagai upaya internalisasi terhadap eksternalitas yang ditimbulkan. Salah satu upaya tersebut adalah dengan membuat IPAL biogas untuk pembangkit listrik.
- Nilai kesediaan membayar para pengrajin tapioka (*willingness to pay*) untuk pengelolaan limbah cair tapioka menjadi biogas sebesar Rp 239.547,-/bulan. Nilai WTP tersebut belum cukup mampu untuk membiayai investasi pembangunan biogas sebagai pembangkit listrik, nilai tersebut hanya cukup untuk membiayai operasional biogas untuk pembangkit listrik.
- Hasil uji kelayakan pengusahaan biogas untuk pembangkit listrik pada semua skenario baik dengan menggunakan hibah maupun biaya sendiri pada tingkat suku bunga yaitu 9% layak untuk dijalankan. Berdasarkan analisis *switching value*, usaha tersebut dapat bertahan dengan batas maksimum penurunan harga listrik sebesar 18,23% dan maksimum peningkatan biaya operasional sebesar 38,05%.
- Agar pengelolaan limbah cair tapioka dapat berkelanjutan, pihak pemerintah harus mampu menjamin pembelian listrik berbasis biogas limbah cair tapioka oleh perusahaan listrik negara (PLN) dengan minimum harga pembelian listrik pada tingkat suku bunga 9% sebesar Rp 762/kWh.

## REKOMENDASI KEBIJAKAN

- Pengembangan usaha pemanfaatan biogas limbah cair tapioka menjadi listrik memerlukan dana investasi yang cukup besar,

sedangkan nilai *willingness to pay* IKM tapioka hanya sebesar Rp 239.547/bulan belum cukup untuk membangun IPAL biogas tersebut, oleh karena itu perlu subsidi atau bantuan dari pemerintah maupun pihak luar berupa investasi alat, baik dalam bentuk hibah maupun pinjaman lunak.

- Pembelian listrik berbasis biogas saat ini berdasarkan pada 85% dari Biaya Pokok Pembangunan (BPP) regional atau berdasarkan negosiasi jika BPP regional lebih rendah dibanding BPP nasional, sehingga harga pembelian listrik bisa saja dibawah harga perhitungan dari analisis *switching value*. Untuk itu perlu adanya peraturan yang menjamin pembelian harga listrik yang menguntungkan bagi IKM seperti pemberlakuan kembali pembelian harga listrik berdasarkan *feed in tariff*, yaitu berdasar pada biaya produksi energi baru dan terbarukan.
- Perlu kelembagaan yang kuat untuk pengembangan usaha pemanfaatan limbah cair tapioka menjadi biogas sebagai pembangkit listrik karena kemampuan IKM yang belum memadai. Kelembagaan yang cocok untuk menaungi usaha ini salah satunya yaitu dalam bentuk Badan Usaha Milik Desa (BUMDes).

## I. PENDAHULUAN

Agroindustri merupakan kegiatan pertanian industrial yang memberikan andil cukup besar dalam Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia. Dalam kurun waktu lima tahun terakhir dapat diketahui bahwa sektor industri pengolahan merupakan sektor yang memiliki pangsa terbesar terhadap PDB sebesar 25,8% pada tahun 2010; 25,71% pada tahun 2011;

25,59% pada tahun 2012; dan 25,53% pada tahun 2013 (BPS, 2013). Kemudian, sektor pertanian sebagai sektor dengan pangsa terbesar ketiga dalam PDB setelah sektor perdagangan, hotel, dan restoran. Kontribusi sektor pertanian sebesar 13,16% pada tahun 2010; 12,78% pada tahun 2011; 12,53% pada tahun 2012, dan 12,26% pada tahun 2013. Dari data tersebut menunjukkan bahwa sektor pertanian dan sektor industri memiliki peran yang besar dalam pembangunan ekonomi Indonesia.

Industri tapioka merupakan salah satu jenis agroindustri dengan bahan baku dari ubi kayu/singkong. Pada umumnya industri tapioka hanya menghasilkan tapioka sebesar 20-30% dari berat ubi kayu yang diolah, selebihnya industri ini menghasilkan limbah padat dalam bentuk ongkok dan limbah cair (Hasanudin, 2006). Limbah padat yang dihasilkan dari proses produksi tapioka sudah dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri seperti asam sitrat, obat nyamuk bakar, bioethanol, industri pangan serta dimanfaatkan juga untuk pakan tenak, sehingga menambah penghasilan tersendiri bagi pelaku usaha pembuatan tapioka. Lain halnya

dengan limbah cair yang belum banyak dimanfaatkan oleh pemilik usaha tapioka. Industri tapioka yang sudah memanfaatkan limbah cair tapioka sebagai biogas salah satunya berada di Provinsi Lampung.

Air limbah industri tapioka yang dihasilkan dapat mencapai 4-5 m<sup>3</sup>/ton ubi kayu yang diolah (Isdiyanto dan Hasanudin, 2010). Limbah cair tersebut berasal dari proses pencucian dan proses ekstraksi yang kaya akan kandungan bahan organik seperti pati, serat protein dan gula. Air limbah industri tapioka masih banyak mengandung bahan organik dengan nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) dapat mencapai 18.000 mg/L bahkan 25.000 mg/L (Hasanudin, 2006), sedangkan kadar BOD (*Biological Oxygen Demand*) sebesar 3.000-7.500 mg/L (Setyawati, *et al.* 2011). Bila mengacu pada Permen LH No 5 (2014) tentang baku mutu air limbah yang dapat dilihat pada Tabel 1, karakteristik limbah cair tapioka sudah melebihi baku mutu yang diperbolehkan, sehingga untuk menurunkan kadar bahan organik tersebut limbah cair tapioka perlu diproses terlebih dahulu.

Tabel 1 Baku mutu limbah cair industri tapioka

Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)
BOD <sub>5</sub>	150	4,5
COD	300	9
TSS	100	3
Sianida (CN)	0,3	0,009
pH	6,0 – 9,0	
Debit limbah paling tinggi	30 m <sup>3</sup> per ton produk tapioka	

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014

Desa Kadumangu merupakan desa dengan IKM tapioka terbanyak di Kabupaten Bogor. Sampai saat ini, seluruh pengrajin tapioka belum memiliki instalasi pengelolaan air limbah (IPAL),

sehingga limbah cair tapioka langsung dibuang ke Sungai Cikeas. Dengan kondisi seperti ini, limbah cair tapioka berpotensi menimbulkan eksternalitas negatif bagi lingkungan. Ada dua

pihak yang merasakan eksternalitas negatif tersebut, yaitu masyarakat yang tinggal dekat aliran Sungai Cikeas dan PDAM Tirta Kahuripan yang memanfaatkan Sungai Cikeas sebagai air baku untuk kebutuhan air pelanggannya. Dugaan adanya pencemaran Sungai Cikeas oleh limbah cair tapioka yang berdampak pada masyarakat maupun PDAM perlu dikaji. Berdasarkan prinsip *polluter pays principle*, pencemar seharusnya bertanggung jawab atas pencemaran yang terjadi dengan upaya internalisasi atas eksternalitas yang timbul berupa pembangunan IPAL biogas untuk pembangkit listrik. Maka dari itu, perlu mengetahui kesediaan (*willingness to pay*) para IKM tapioka untuk pengelolaah limbah cair menjadi biogas. Untuk dapat melihat potensi pemanfaatan limbah cair tapioka menjadi biogas sebagai pembangkit listrik perlu dihitung kelayakan secara finansial pemanfaatan dari limbah cair tapika.

## II. METODOLOGI

Penelitian dilakukan di Desa Kadumangu dan Desa Sentul Kecamatan Babakan Madang serta Desa Nanggewer Kecamatan Cibinong Kabupaten Bogor pada bulan Januari-Maret 2017. Responden dipilih secara sengaja (*purposive*), yaitu masyarakat yang paling dekat dengan sumber buangan limbah serta tinggal di sepanjang aliran Sungai Cikeas, antara lain 40 kk di Desa Nanggewer dan 30 kk di Desa Sentul untuk mengetahui dampak dari buangan limbah cair tapioka, sedangkan untuk mengetahui kesanggupan membayar pengrajin dalam pengelolaan limbah, seluruh IKM tapioka di Desa Kadumangu yang berjumlah 100 menjadi responden dalam penelitian ini.

## Metode Analisis Data

### A. Analisis *Contingent Valuation Method* (CVM)

*Contingent Valuation Method* (CVM) digunakan untuk mengestimasi besarnya nilai kesediaan membayar (*willingness to pay*) responden pengrajin tapioka dalam upaya pengelolaan limbah. Tahapan penerapan CVM untuk menentukan nilai WTP (Hanley dan Spash, 1993) yaitu:

#### 1. Membuat pasar hipotetik

Pasar hipotesis yang dibentuk dalam penelitian ini adalah untuk membangun suatu alasan mengapa pengrajin harus membayar sejumlah uang untuk perbaikan kualitas lingkungan atau untuk pengelolaan limbah yang selama ini mencemari lingkungan. Pasar hipotesis yang ditawarkan dibentuk dalam skenario sebagai berikut :

“Limbah cair tapioka telah menimbulkan eksternalitas negatif bagi masyarakat yang tinggal dekat Sungai Cikeas dan PDAM Tirta Kahuripan. Limbah cair tapioka memiliki potensi untuk dijadikan biogas yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Untuk itu berapa nilai kesediaan bapak/ibu untuk membayar uang pengelolaan limbah tersebut?.”

#### 2. Memperoleh penawaran besarnya nilai WTP

Metode ini dilakukan menggunakan teknik referendum dengan menanyakan kepada responden sejumlah nilai penawaran (*bid*) tertentu yang diajukan sebagai nilai kesediaan membayar untuk pengolahan limbah cair tapioka dengan IPAL, sehingga akan didapatkan jawaban “ya” atau “tidak” terhadap nilai *bid*. Pada penelitian ini digunakan empat *bid* yang ditanyakan kepada responden. Berikut *bid* yang ditawarkan :

- *Bid* untuk WTP sebesar Rp 175.000,-/ bulan
- *Bid* untuk WTP sebesar Rp 285.000,-/ bulan
- *Bid* untuk WTP sebesar Rp 395.000,-/ bulan
- *Bid* untuk WTP sebesar Rp 505.000,-/ bulan

Responden dibagi ke dalam empat kategori *bid*, sehingga tiap kategori *bid* ditanyakan kepada 25 responden. Batas bawah *bid* diperoleh dari penghitungan biaya penyusutan pembangunan IPAL biogas, yang kemudian dibagi dengan jumlah pengrajin yang ada di Desa Kadumangu. Nilai *bid* tersebut juga sudah didiskusikan dengan para pengrajin yang berada di Desa Kadumangu.

3. Memperkirakan nilai rata-rata WTP (EWTP)  
 Nilai rata-rata WTP diduga dari pembagian konstanta dan koefisien *bid* pada hasil Analisis Regresi Logistik yang menggunakan bantuan program *software SPSS*. Formulasi perhitungan EWTP :

$$EWTP = - \frac{\alpha}{\delta} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :  
 EWTP : Dugaan nilai rata-rata WTP (Rp/tahun)  
 α : Konstanta  
 δ : Koefisien *bid*

4. Mengagregatkan data  
 Penjumlahan data merupakan proses rata-rata penawaran dikonversikan terhadap total populasi yang dimaksud. WTP total dapat digunakan untuk menduga WTP populasi secara keseluruhan. Total WTP diperoleh dari rumus :

$$TWTP = EWTP \times N \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :  
 TWTP : Total WTP (Rp/tahun)  
 EWTP : Nilai rata-rata WTP (Rp/tahun)  
 N : Populasi yang terkena dampak (KK)

**B. Analisis Kelayakan**

Analisis kelayakan ditentukan dari uji *Net Present Value* (NPV), *Net B/C*, dan *Internal Rate of Return* (IRR). Penelitian ini menggunakan tingkat suku bunga pinjaman Kredit Usaha Rakyat (KUR) Bank BRI pada tahun 2017 sebesar 9% dengan umur proyek adalah 20 tahun. Perhitungan kelayakan dilakukan pada satu unit digester pengolahan biogas untuk pembangkit listrik yang dapat digunakan oleh 25 IKM yang memiliki kapasitas olah limbah sebesar 250 m<sup>3</sup>. Untuk perhitungan NPV dan IRR menggunakan formulasi dari Mishan dan Euston (2007), dan perhitungan *Net B/C* menggunakan formulasi dari Gray, *et al.* (1997).

*Net Present Value* (NPV)

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \dots\dots\dots (3)$$

Kriteria: Apabila NPV > 0, maka perusahaan biogas layak dijalankan, sedangkan apabila NPV < 0, maka perusahaan biogas tidak layak dijalankan.

*Net B/C*

$$Net \frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^n [\frac{B_t - C_t}{1+i}]^t}{\sum_{t=0}^n [\frac{C_t - B_t}{1+i}]^t} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:  
 B<sub>t</sub> = *Benefit* biogas pada tahun t  
 C<sub>t</sub> = *Cost* biogas pada tahun t  
 i = Tingkat suku bunga  
 n = Jumlah tahun  
 t = Tahun 0, 2, 3, dst  
 i = Tingkat suku bunga

Kriteria: Apabila *Net B/C* > 1 maka perusahaan biogas layak dan efisien, sedangkan apabila *Net B/C* < 1 maka perusahaan biogas tidak layak dan tidak efisien.

*Internal Rate Return* (IRR)

$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + \lambda)^t} = 0 \dots\dots\dots (5)$$

Kriteria: jika  $\lambda >$  tingkat suku bunga (i) maka layak dijalankan, sedangkan jika  $\lambda <$  tingkat suku bunga (i) maka perusahaan biogas tidak layak dijalankan.

**III. SITUASI TERKINI**

Desa Kadumangu merupakan salah satu desa penghasil tapioka di Kabupaten Bogor. Lokasi

industri tapioka merupakan areal yang terbuka untuk tempat penjemuran tepung tapioka dan onggok. Letak pabrik tapioka dengan pabrik tapioka lainnya berdekatan dan dekat dengan aliran sungai sehingga pabrik-pabrik tersebut langsung membuang limbah cair sisa produksinya ke Sungai Cikeas. Data yang di dapat dari Kecamatan Babakan Madang, total jumlah pengrajin Desa Kadumangu pada tahun 2014 sudah mencapai 100 pengrajin (Tabel 2).

Tabel 2 Jumlah pengrajin tapioka di Desa Kadumangu Tahun 2014.

Alamat Usaha	Jumlah (IKM)	Total Kapasitas Prduksi (Ton/Hari)
Ds. Kadumangu Kp. Legok Nyenang	16	45,5
Ds. Kadumangu Kp. Legok Gaok	77	108
Ds. Kadumangu Kp. Leuwi jambe	6	9
Ds. Kadumangu Kp Kadumangu	1	1,5
Total	100	164

Sumber : Kecamatan Babakan Madang 2015

Pada Tabel 2 kapasitas produksi yang dapat diolah per harinya oleh para IKM tapioka berbeda-beda, secara keseluruhan total kapasitas produksi yang dihasilkan per harinya adalah 164 ton, sehingga limbah cair tapioka yang dihasilkan per harinya adalah 820 m<sup>3</sup>. Limbah cair tersebut langsung dibuang ke saluran-saluran

pembuangan dan berakhir di Sungai Cikeas tanpa proses. Hasil survei terhadap masyarakat yang tinggal disepanjang aliran Sungai Cikeas yang diwakili oleh masyarakat Desa Nanggewer dan Sentul, adanya buangan limbah cair tapioka menyebabkan beberapa perubahan yang dapat dilihat pada Gambar 1.



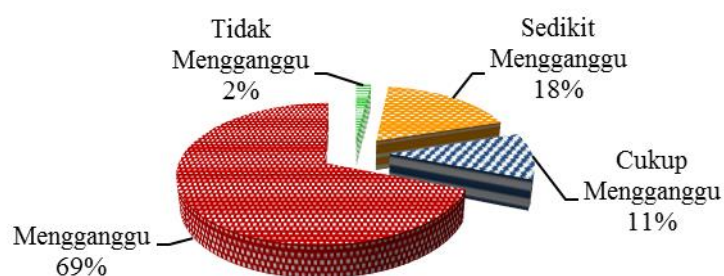
Gambar 1 Eksternalitas negatif akibat buangan limbah cair tapioka ke Sungai Cikeas berdasarkan persepsi masyarakat

Pada Gambar 1 terlihat bahwa menurut persepsi masyarakat, adanya buangan limbah tapioka mengakibatkan dampak seperti polusi udara (bau), pertumbuhan nyamuk yang

meningkat serta adanya gangguan kesehatan seperti mual, pusing dan gatal. Menurut Tjokroadikoesoemo (1986), limbah cair industri tapioka yang masih baru berwarna putih

kekuningan, sedangkan limbah yang sudah busuk berwarna abu-abu gelap. Kekeuhan yang terjadi pada limbah disebabkan oleh adanya bahan organik, seperti pati yang terlarut, jasad renik dan koloid lainnya yang tidak dapat mengendap dengan cepat. Menurut Hariono, *et. al.* (2015), bau busuk dalam limbah cair tapioka disebabkan karena pembusukan yang dilakukan oleh bakteri *phatogen*. Pembusukan tersebut dikarenakan tingginya kandungan bahan organik pada limbah cair tapioka. Proses penguraian bahan organik oleh bakteri pengurai membutuhkan suplai oksigen yang tinggi sehingga perairan yang menjadi tempat pembuangan limbah cair kekurangan suplai oksigen. Bau dari limbah cair tersebut menyebabkan masyarakat yang menciumnya merasa mual dan pusing, sedangkan bila bersinggungan dengan air sungai yang tercemar limbah, kulit menjadi bau dan gatal-gatal. Disamping itu, getah dari limbah tapioka yang berada dipinggir-pinggir sungai menurut masyarakat setempat membuat pertumbuhan nyamuk semakin bertambah.

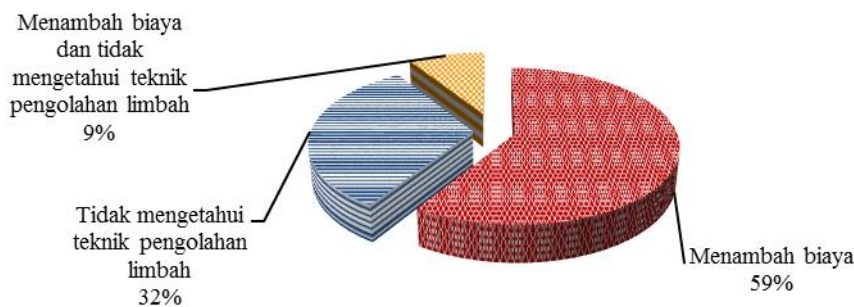
Selain menimbulkan kerugian bagi masyarakat, limbah cair tapioka juga menimbulkan kerugian bagi pihak PDAM Tirta Kahuripan yang memanfaatkan Sungai Cikeas sebagai air baku untuk kebutuhan air pelanggannya. Berdasarkan hasil wawancara dengan Kepala Bidang Hubungan Pelanggan PDAM Tirta Kahuripan pada Januari 2017, dengan adanya kandungan limbah tapioka pada Sungai Cikeas, pihak PDAM harus mengeluarkan biaya tambahan untuk menangani limbah antara lain bantuan bak penampung limbah untuk para IKM tapioka, pendistribusian air bersih ke pelanggan, pembebasan tagihan pelanggan yang komplai akibat air yang mereka gunakan berbau, membuat sumur bor sebagai antisipasi jika air dari Sungai Cikeas mengalami gangguan, dan penambahan karbon aktif untuk menetralsir bau dari limbah. Upaya yang dilakukan oleh pihak IKM tapioka sendiri sebagai pihak pencemar saat ini belum ada, namun pihak IKM tapioka menyadari bahwa limbah cair tersebut mengganggu seperti yang dapat terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Persepsi pengrajin terhadap dampak dari limbah cair tapioka

Pada Gambar 2 terlihat bahwa persepsi mengenai dampak yang ditimbulkan dari buangan limbah cair tapioka maka sebagian besar pengrajin yaitu sebesar 69% menyatakan bahwa limbah cair tapioka mengganggu, sedangkan sisanya 11% menyatakan cukup mengganggu, 18% menyatakan sedikit

mengganggu dan hanya 2% saja yang menyatakan limbah cair tapioka tidak mengganggu. Lebih lanjut lagi ditanyakan kepada para pengrajin tapioka mengenai alasan yang mendasari mereka membuang limbah cair tapioka ke sungai dan tidak mengolah limbah cair dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Alasan pengrajin tidak mengolah limbahnya

Pada Gambar 3, alasan IKM tapioka membuang limbahnya ke sungai antara lain sebesar 59% pengrajin menjawab karena akan menambah biaya produksi, 32% menjawab tidak mengetahui teknik pengolahan limbah, dan 9% menjawab akan menambah biaya produksi dan tidak mengetahui teknik pengolahan limbah.

#### IV. ANALISIS DAN ALTERNATIF SOLUSI/PENANGANAN

Biaya internal yang harus ditanggung oleh pengrajin tapioka untuk mengurangi dampak limbah yang dikeluarkan dari proses produksi tapioka salah satunya adalah dengan pembuatan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan teknik biogas yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Penting untuk mengetahui kesediaan para IKM tapioka untuk membayar (*willingness to pay*) dalam upaya pengelolaan limbah untuk dijadikan biogas. Untuk mengetahui prospek pengembangan biogas dari limbah cair tapioka maka diperlukan

perhitungan kelayakan pemanfaatan limbah cair tapioka menjadi biogas sebagai pembangkit listrik. Perhitungan kelayakan tersebut dilakukan terhadap 25 IKM tapioka dengan kapasitas pengolahan limbah sebesar 250 m<sup>3</sup>. Perhitungan dilakukan hanya pada 25 IKM karena jarak IKM tapioka yang menyebar, sehingga dalam satu digester hanya memungkinkan mengolah limbah dari 25 IKM.

#### Kesediaan membayar (*willingness to pay*) IKM tapioka

Nilai kesediaan membayar para IKM ini didekati dengan metode *contingen valuation method* untuk mengetahui seberapa besar WTP seseorang untuk menerima perubahan layanan barang dan jasa dari sumberdaya alam dan lingkungan (Fauzi, 2014). Kesediaan pengrajin untuk membayar iuran pengelolaan limbah dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Kesediaan pengrajin dalam membayar iuran pengelolaan limbah

Nilai bid (Rp)	Responden yang menjawab “ya”		Responden yang menjawab “tidak”	
	Jumlah	Persentase (%)	Jumlah	Persentase (%)
175.000	20	80	5	20
285.000	19	76	6	24
395.000	2	8	23	92
505.000	1	4	24	96



Hasil struktur elisitasi menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai *bid* maka jumlah responden yang menjawab “ya” semakin sedikit. Nilai kesediaan yang diperoleh sedikit banyaknya dipengaruhi oleh beberapa faktor, dalam hal ini faktor-faktor yang diduga mempengaruhi nilai tersebut yang dibentuk dalam model diantaranya nilai tawar itu sendiri (*bid*), tingkat pendidikan, usia, jumlah tanggungan dalam keluarga, lama usaha, pendapatan, dan persepsi pengrajin terhadap dampak yang ditimbulkan dari limbah cair tapioka. Untuk menentukan nilai WTP, terlebih dahulu dilakukan pengujian kelayakan model yang digunakan dengan menggunakan

beberapa uji secara statistik. Masing-masing pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Pada Tabel 4, variabel bebas yang berpengaruh terhadap kesediaan pengrajin membayar biaya pengelolaan limbah secara nyata adalah nilai *bid*, tanggungan keluarga, lama usaha, pendapatan, dan persepsi pengrajin terhadap dampak dari limbah cair tapioka, dengan nilai signifikansi yang dihasilkan setiap variabel pada taraf nyata 95% dan 99%. Variabel bebas yang tidak berpengaruh nyata terhadap kesediaan pengrajin membayar biaya pengelolaan limbah adalah pendidikan dan usia, karena nilai signifikansi yang diperoleh tidak masuk dalam taraf nyata 95% dan 99%.

Tabel 4 Pengujian Kelayakan Model dan Faktor-faktor yang Mempengaruhi Peluang Pengrajin Bersedia Membayar Biaya Pengelolaan Limbah Cair Tapioka di Desa Kadumangu

Parameter	Koefisien	Sig.	Exp (B)
Nilai <i>Bid</i>	-0,000024	0,000	1,000
Pendidikan	-0,323726	0,502	0,723
Usia	-0,614237	0,243	0,541
Tanggungan	-1,817103	0,002**	0,162
Lama usaha	0,182482	0,007**	1,200
Pendapatan	0,000000	0,037*	1,000
Dampak	1,769339	0,015*	5,867
Konstanta	5,749120	0,033	313,914
<i>Omnibus test</i>		0,000	
<i>Cox &amp; Snel R Square</i>		0,613	
<i>Nagelkerke R Square</i>		0,825	
<i>Hosmer and Lameshow test</i>		0,225	

Keterangan : \* signifikan pada taraf nyata 95%  
\*\* signifikan pada taraf nyata 99%

Nilai *sig* pada *Omnibus test* sebesar 0,000. Nilai yang diperoleh menunjukkan nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan taraf nyata 95% ( $\alpha = 5\%$ ) dan 99% ( $\alpha = 1\%$ ) yang digunakan yaitu nilai  $0,000 < 0,05$  dan  $0,000 < 0,01$ . Hal ini berarti variabel bebas (*independent*) yang digunakan secara bersama-sama berpengaruh terhadap keputusan pengrajin bersedia membayar biaya pengelolaa limbah, atau

minimal ada satu variabel bebas yang berpengaruh. Nilai *Cox & Snel R Square* dan *Nagelkerke R Square* berturut-turut sebesar 0,613 dan 0,825. Diketahui nilai *Nagelkerke R Square* lebih besar dibandingkan nilai *Cox & Snel R Square* yaitu sebesar 0,825 hal ini menunjukkan bahwa sebesar 82,5 persen variabel *independent* yang digunakan dapat menjelaskan pengaruhnya terhadap kesediaan masyarakat menerima biaya

pengganti, sedangkan sisanya sebesar 17,5 persen dapat dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang digunakan. Nilai *Hosmer and Lameshow test* yang dalam analisis data sebesar 0,225. Nilai *Hosmer and Lameshow test* menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan taraf nyata 95% ( $\alpha = 5\%$ ) yang digunakan ( $0,225 > 0,05$ ) hal ini menunjukkan model yang digunakan dalam penelitian dapat diterima dan pengujian hipotesisnya dapat dilakukan. Setelah model dinyatakan layak untuk digunakan, maka tahapan selanjutnya adalah mengestimasi nilai WTP untuk perbaikan kualitas lingkungan berdasarkan model yang telah dibuat sebelumnya. Pada Tabel 4, hasil pengolahan data dengan menggunakan *SPSS* didapatkan persamaan :

$$Y_i = 5,749120 - 0,000024 \text{ BID}_i - 0,323726 \text{ PDDK}_i - 0,614237 \text{ USL}_i - 1,817103 \text{ TNGG}_i + 0,182482 \text{ LU}_i + 0,000000 \text{ PDDT}_i + 1,769339 \text{ DMPK}_i + e_i$$

Dari persamaan tersebut maka diperoleh nilai E (WTP) sebesar Rp 239.547,- yang didapat dari pembagian koefisien konstanta dengan koefisien variabel *bid* ( $-\alpha/\delta$ ), sehingga total nilai WTP untuk keseluruhan IKM di Desa Kadumangu sebesar Rp 287.456.400/tahun sedangkan nilai total WTP untuk 25 IKM sebesar Rp

71.864.100/tahun. Nilai WTP dari 25 IKM tersebut kemudian menjadi nilai penerimaan dalam perhitungan kelayakan pemanfaatan limbah cair tapioka menjadi biogas. Pertimbangan hanya diambil 25 IKM saja karena kapasitas IPAL tidak memungkinkan untuk dapat menampung seluruh limbah 100 IKM di Desa Kadumangu karena jarak IKM tapioka yang menyebar.

**Kelayakan pengusahaan biogas limbah cair tapioka**

Limbah cair tapioka merupakan salah satu sumberdaya yang dapat dimanfaatkan untuk dikembangkan menjadi energi terbarukan dengan teknologi anaerob. Dengan penerapan teknologi anaerob dalam mengolah limbah cair tapioka, maka gas metan dapat ditangkap diolah menjadi biogas yang kemudian dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit tenaga listrik. Perhitungan dilakukan untuk kapasitas IPAL yang dapat menampung limbah sebesar 250 m<sup>3</sup> limbah cair per hari dan dapat digunakan oleh 25 IKM yang memiliki kapasitas olahan ubi kayu masing-masing sebesar 2 ton/hari. Potensi listrik yang dihasilkan didapat berdasarkan hasil penelitian Wintolo dan Isdiyanto (2011) yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Nilai potensi listrik limbah cair tapioka untuk kapasitas limbah 250 m<sup>3</sup>

Jumlah ubi kayu (a)	Jumlah air limbah (b) = a x f	Jumlah gas metan (c) = b x g	Konversi LPG (d) = c x h x i	Jumlah listrik yang dihasilkan (e) = (d / j) x k
50 ton/hari	250 m <sup>3</sup> /hari	470 m <sup>3</sup> /hari	308 kg	277.488 kWh/tahun
Keterangan:	1 ton ubi kayu	= 5 m <sup>3</sup> air limbah tapioka (f)		
	1 m <sup>3</sup> limbah tapioka	= 1,88 m <sup>3</sup> gas metan (g)		
	1 m <sup>3</sup> gas metan	= 0,82 m <sup>3</sup> LPG (h)		
	Berat jenis LPG	= 0,8 kg/m <sup>3</sup> (i)		
	Konsumsi bahan bakar genset	= 0,32 kg/kWh (j)		
	Jumlah hari dalam 1 tahun	= 288 hari (k)		

Pada Tabel 5 dapat diketahui potensi listrik yang dapat dihasilkan dari 50 ton limbah per harinya adalah sebesar 277.488 kWh/tahun. Nilai potensi ini kemudian yang menjadi penerimaan dalam pengusahaan biogas untuk perhitungan kelayakan finansial. Analisis finansial diperlukan untuk menentukan apakah

proyek pengusahaan biogas layak dilaksanakan atau ditunda ataupun bahkan dibatalkan berdasarkan uji kriteria kelayakan finansial. Untuk penyusunan analisa kelayakan finansial diperlukan dua komponen utama, yaitu komponen penerimaan dan komponen biaya yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Komponen biaya dan penerimaan pengusahaan biogas limbah cair tapioka

Komponen Biaya*		Komponen Penerimaan (Rp/tahun)	
Jenis biaya	Besaran (Rp)	Jenis Penerimaan	Besaran (Rp)
- Biaya investasi	Rp 1.405.800.439	- Penjualan listrik (Rp 600/kWh)	168.509.134**
- Biaya variabel	Rp 124.216.367/tahun	Penjualan listrik (Rp 932/kWh)	258.618.816***
- Biaya tetap	Rp 69.020.744/tahun	- Iuran 25 IKM berdasarkan WTP	71.864.100

Keterangan : \* Hasil inventarisasi kegiatan penelitian dan pengembangan ESDM (KSDME 2011)  
 \*\* Harga penjualan listrik berdasarkan (Permen ESDM No 39 2017)  
 \*\*\* Harga penjualan listrik berdasarkan (Permen ESDM No 50 2017)

Pada Tabel 6, Biaya investasi yang dikeluarkan antara lain untuk pembuatan unit kolam biogas, *biogas storage* sistem, mesin gas *engine* dan perpipaan. Biaya variabel yang dikelurkan antara lain untuk operasional, pemeliharaan dan upah tenaga kerja, sedangkan biaya tetap yang dikeluarkan adalah untuk sewa lahan dan penyusutan alat. Komponen penerimaan terdiri dari penjualan listrik dan

iuran pengelolaan limbah dari IKM tapioka. Estimasi kelayakan dilakukan dengan dua skenario, skenario I yaitu apabila biaya investasi tidak dimasukkan sebagai komponen pengeluaran karena mendapatkan hibah dari pemerintah dan skenario II yaitu biaya investasi dimasukkan sebagai komponen pengeluaran karena berasal dari biaya sendiri. Untuk hasil analisis kelayakan pengusahaan biogas dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Kelayakan Pengusahaan Biogas dari Limbah Cair Tapioka

Uraian	NPV (Rp)	Net B/C	IRR	Kriteria
▪ Skenario I (Rp 600/kWh)	996.294.340	-	-	Layak
▪ Skenario II (Rp 932/kWh)	431.470.445	1,31	13%	Layak

Analisis sensitivitas dengan *switching value* pada skenario II :

1. Harga listrik turun 18,23%	0	1,00	9%
2. Biaya operasional naik 38,05%	0	1,00	9%

Pada Tabel 7 pengusahaan biogas yang dilakukan pada skenario I nilai NPV bernilai positif yang berarti proyek menguntungkan

secara finansial. Pada skenario II, nilai NPV, Net B/C dan IRR memenuhi kriteria kelayakan yang menunjukkan proyek menguntungkan secara

finansial. Untuk mengukur seberapa besar perubahan maksimum dari suatu komponen *inflow* atau perubahan maksimum dari komponen *outflow* yang masih ditoleransi sehingga usaha masih layak dilaksanakan maka perlu dilakukan analisis *switching value*. Analisis *switching value* dilakukan pada skenario II apabila harga listrik mengalami penurunan sebesar 18,23% yaitu dari harga Rp 932/kWh menjadi Rp 762/kWh maka nilai NPV yang didapatkan sebesar Rp 0, Net B/C 1 dan IRR 9%. Hal ini menunjukkan batas minimal dari harga penjualan listrik yaitu sebesar Rp 762/kWh sehingga apabila nilai beli listrik dibawah harga tersebut maka usaha tidak layak dijalankan. Sedangkan batas maksimum untuk peningkatan biaya operasional adalah sebesar 38,05%. Berdasarkan hasil analisis *switching value* perubahan yang paling berpengaruh terhadap kelayakan usaha biogas sebagai pembangkit listrik adalah perubahan harga listrik karena memiliki persentase perubahan yang paling kecil dibandingkan biaya operasional.

### Implikasi Kebijakan

Limbah cair tapioka yang dibuang ke Sungai Cikeas telah menimbulkan eksternalitas bagi pihak lain, yaitu masyarakat dan PDAM. Pengrajin tapioka yang salah satunya berada di Desa Kadumangu sudah sewajibnya bertanggung jawab atas pencemaran sungai karena kandungan limbah cair tapioka sudah melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Permen LH No 5 (2014) tentang baku mutu air limbah. Berdasarkan UU No 32 (2009) tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu dalam Pasal 87 ayat (1) menyatakan “setiap penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan yang melakukan perbuatan melanggar

hukum berupa pencemaran dan/atau perusakan lingkungan hidup yang menimbulkan kerugian pada orang lain atau lingkungan hidup wajib membayar ganti rugi dan/atau melakukan tindakan tertentu”. Menurut Siahaan (2004) rumusan pasal ini merupakan bagian dari asas *polluter pays principle*, yang dapat diartikan sebagai asas pencemar membayar.

Dasar pungutan atau uang jaminan ialah the *polluter pays principle*, yang tujuan utamanya untuk membiayai upaya-upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran. Lebih jauh dikemukakan pungutan pencemaran merupakan insentif bagi pencemar untuk menghilangkan atau mengurangi pencemaran. Insentif untuk mencegah pencemaran lingkungan yang dilaksanakan pemerintah dapat berbentuk bantuan keuangan minimal subsidi, iuran investasi dan sarana fiskal, tapi bantuan itu dapat menjadi disinsentif bila pencemar tidak tergugah untuk lepas dari ketergantungan pada pemerintah (Rangkuti 2000).

Limbah cair tapioka sebagai salah satu sumber yang memiliki potensi untuk dijadikan biogas merupakan aset yang dimiliki oleh Desa Kadumangu. Apabila dilihat dari aspek teoritis, penerapan ilmu dan teknologi pencegahan pencemaran dapat membantu kalangan industri menahan dampak negatif limbah industri. Upaya ini dikenal dengan konsep pencegahan pencemar menguntungkan (*Pollution Prevention Pays*) (Bethan 2008). Maka harapannya dengan adanya keuntungan dari pengelolaan limbah tersebut para pengrajin dapat secara kontinyu mengelola limbahnya.

Dari aspek perhitungan secara finansial, pada skenario I yaitu apabila biaya investasi perusahaan biogas sebagai sumber listrik merupakan bantuan dari pemerintah maka nilai

NPV bernilai positif yang artinya usaha layak dijalankan. Pada skenario II yaitu apabila tidak ada bantuan dari pemerintah untuk membangun instalasi, secara finansial layak juga untuk dijalankan karena memenuhi kriteria kelayakan yaitu NPV, IRR dan Net B/C. Pada kenyataannya dari hasil survey terhadap 100 orang pemilik IKM yang berada di Desa Kadumangu, nilai kesediaan mereka untuk pengelolaan limbah (WTP) sebesar Rp 239.547,-/bulan belum mampu untuk membiayai nilai investasi pembangunan biogas sebagai pembangkit listrik. Nilai WTP ini juga baru bisa mencukupi 55% biaya operasional dari perusahaan biogas sehingga untuk dapat merealisasikannya IKM membutuhkan bantuan dari pemerintah atau pihak lain. Kebanyakan kasus pada pengusaha kecil, keinginan membayar untuk perbaikan lingkungan relatif kecil, seperti halnya pada penelitian Mratihitani dan Susilowati (2013), bahwa para IKM batik tidak memiliki keinginan membayar atau WTP untuk pencemaran lingkungan sungai yang dilakukan. Pada kasus pencemaran oleh IKM tapioca di Desa Kadumangu, IKM mau membayar untuk pengelolaan lingkungan namun nilainya belum besar.

Optimasi pengolahan limbah memiliki potensi besar untuk memberikan manfaat. Namun, optimalisasi pengolahan limbah untuk energi skala kecil oleh usaha kecil dan menengah (UKM) relatif jarang terjadi di Indonesia. Salah satu alasannya adalah keterbatasan sumber daya keuangan UKM yang dimilikinya. Ada dua alternatif yang memungkinkan untuk dapat merealisasikan yaitu adanya bantuan / hibah dari pemerintah dan yang kedua melalui skema kredit atau pinjaman lunak.

#### 1. Bantuan/hibah dari Pemerintah

Kementerian ESDM melalui Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2017 Tentang Pelaksanaan Kegiatan Fisik Pemanfaatan Energi Baru dan Energi Terbarukan Serta Konservasi Energi memungkinkan untuk UKM dapat merealisasikan pembangunan biogas sebagai pembangkit listrik. Pengusulan kegiatan fisik pemanfaatan EBTKE (Energi Baru dan Energi Baru Terbarukan serta Konservasi Energi) dapat dilaksanakan berdasarkan permohonan dari Pemerintah Daerah provinsi kepada menteri melalui Direktur Jenderal yang diajukan secara tertulis. Permohonan tersebut dapat berasal dari program nasional, program daerah, usulan Pemerintah Daerah provinsi, usulan Pemerintah Daerah kabupaten/kota, dan/atau usulan masyarakat/kelompok masyarakat. Pengusulan yang dimaksud berupa proposal mengenai usulan kegiatan fisik pemanfaatan EBTKE yang berisi gambaran umum lokasi/wilayah dan tujuan yang akan dicapai yang memberikan informasi mengenai potensi energi yang tersedia dan jumlah kebutuhan pemanfaat energi serta potensi penghematan energi. Adapun kelengkapan pendukung lainnya berupa dokumen perencanaan yang berisi hasil kajian terhadap kelayakan pemanfaatan sumber energi baru, energi terbarukan dan/atau penerapan konservasi energi dan dampaknya terhadap peningkatan sosial ekonomi masyarakat setempat termasuk diantaranya kesiapan pengelolaan instalasi; kesanggupan menerima dan mengelola; kesediaan dalam membina dan mendampingi

pengelola atau penerima manfaat; penetapan calon pengelola/penerima manfaat; jadwal pelaksanaan, surat pernyataan ketersediaan lahan dan surat pernyataan telah berkoordinasi dengan PLN.

## 2. Skema Kredit / Pinjaman Lunak

Penurunan tingkat pencemaran/ kerusakan memerlukan biaya yang tidak sedikit, hal ini menjadi kendala bagi UKM yang memiliki dana minim. Untuk itu perlu adanya penyediaan alternatif pendanaan bagi upaya pengelolaan lingkungan salah satunya dengan pinjaman lunak. Pinjaman lunak disini dalam artian tingkat suku bunga pinjaman rendah, masa pengembalian pinjaman yang panjang dan adanya masa tenggang. Pemberlakuan pinjaman lunak dapat membantu UKM dalam mematuhi peraturan lingkungan hidup dengan cara investasi peralatan pengendalian pencemaran seperti halnya limbah cair tapioka yang limbahnya dapat dimanfaatkan menjadi biogas dan dapat digunakan untuk pembangkit listrik.

Dari hasil laporan akhir Kementerian Keuangan tahun 2014 menyebutkan bahwa terkait dengan program nasional penurunan emisi 26% di tahun 2020, Kementerian lingkungan hidup telah mengembangkan program pinjaman lunak yaitu *Program Emission Reduction Investment (ERI)*. Program ini memberikan insentif pembiayaan bagi pelaku usaha skala kecil, menengah dan besar (untuk *chiller*) yang berinvestasi untuk menurunkan konsumsi energinya. Terkait limbah biomassa dan sumber energi alternatif, Kementerian lingkungan hidup mengajukan pengembangan program pinjaman lunak baru untuk kegiatan pemanfaatan limbah menjadi

energi. Program ini diperuntukkan bagi usaha skala mikro, kecil dan menengah.

Untuk dapat menerapkan pemanfaatan limbah cair tapioka menjadi biogas sebagai pembangkit listrik, IKM tapioka tidak dapat menjalankannya secara sendiri-sendiri, untuk itu diperlukan suatu kelembagaan yang kuat. Menurut Shaffitri (2015) yang melakukan penelitian terkait pemanfaatan biogas dari limbah tahu di Desa Kalisari, bentuk kelembagaan yang sesuai berupa Badan Usaha Milik Desa (BUMDes). BUMDes dapat menjadi wadah untuk memperkuat perekonomian pedesaan dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat desa dari hasil penjualan listrik berbasis limbah cair tapioka. Hal penting lainnya adalah agar pengelolaan limbah dapat berkelanjutan pemerintah harus dapat menjamin agar listrik yang dihasilkan dari limbah cair tapioka dibeli oleh perusahaan listrik milik negara sehingga eksternalitas akibat limbah cair tapioka dapat diminimalisir.

## REFERENSI

- Bethan, S. 2008. Penerapan Prinsip Hukum Dalam Aktivitas Industri Nasional, Sebuah Upaya Penyelesaian Lingkungan Hidup dan Kehidupan Antar Generasi. Alumni: Bandung.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2013. Statistik Indonesia. <http://www.bps.go.id>. [20 November 2017].
- Fauzi, A. 2014. Valuasi Ekonomi dan Penilaian Kerusakan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. IPB Press: Bogor.
- Gray, C., Simanjuntak, P., Subur, L.K., Maspertella, P.F.L., Varley, R.C.G. 1997. Pengantar Evaluasi Proyek. Edisi Kedua. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.

- Hanley, N., Spash, C.L. 1993. *Cost-Benefit Analysis and Environmental*. Edward Elger Publishing Limited: England.
- Hariono, D., Wirosedarmo, R., Susanawati, L. D. 2015. Efektivitas Penurunan Konsentrasi Limbah Cair Industri Tapioka Dengan Metode *Rotating Biological Contractor*. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan* Vol. 2 (2).
- Hasanudin, U. 2006. Present Status and Possibility of Biomass Effective use in Indonesia. *Proceeding Seminar Sustainable Society Achievement by Biomass Effective Use*, EBARA Hatakeyama Memorial Fund, 24-25 Januari. Jakarta.
- Irdiyanto., Hasanudin. 2010. Rekayasa dan Uji Kinerja Reaktor Biogas Sistem CoLAR pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka. *Jurnal Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan* Vol. 9 (1) Juni 2010 : pp 14-26.
- [Kemenkeu] Kementerian Keuangan. 2014. Analisis Biaya dan Manfaat Pembiayaan Investasi Limbah Menjadi Energi Melalui Dukungan Program Kredit. Kemenkeu: Jakarta.
- [KLH] Kementerian Lingkungan Hidup. 2009. *Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Pengolahan Tapioka*. KLH: Jakarta.
- [KESDME] Kementerian Energi Sumberdaya Mineral dan Energi. 2011. *Inventarisasi Kegiatan Penelitian dan Pengembangan Teknologi Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi 2003-2011*. KESDME: Jakarta.
- Mishan, E.J., Euston, Q. 2007. *Cost Benefit Analysis*. Fifth Edition. Routledge: New York.
- Mratihayani, A.S, Susilowati, I. 2013. Menuju Pengelolaan Sungai Bersih di Kawasan Industri Batik Yang Padat Limbah Cair (Studi Empiris: Watershed Sungai Pekalongan di Kota Pekalongan). *Diponegoro Journal Of Economics* Vol 2 (2) 2013: 1-12.
- [Permen LH No 5] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- [Permen ESDM No 39] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2017 Tentang Pelaksanaan Kegiatan Fisik Pemanfaatan Energi Baru dan Energi Terbarukan Serta Konservasi Energi.
- [Permen ESDM No 50] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2017 Tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik.
- Rangkuti, S.S. 2000. *Hukum Lingkungan dan Kebijakan Lingkungan Nasional Edisi II*. Airlangga University Press: Surabaya.
- Setyawati, R., Hirayama, K.K., Kaneko, K., Hirayama, K. 2011. Current Tapioca Starch Management in Indonesia. *World Applied Science Journal* 14(5): 658-665.
- Shaffitri, L.R., Syaukat, Y., Ekayani, M. 2015. Peranan BUMDes dalam Pengelolaan Limbah Cair Tahu dan Pemanfaatan Biogas. *Jurnal Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan* Vol. 2 (2) Agustus 2015: pp 137-143.
- Siahaan, N.H.T. 2004. *Hukum Lingkungan dan Ekologi Pembangunan*. Erlangga: Jakarta.

- Tjokroadikoesoemo, P.S. 1986. HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya. PT Gramedia: Jakarta.
- [UU No 32] Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Wintolo, M., Isdiyanto, R. 2011. Prospek Pemanfaatan Biogas dari Pengolahan Air Limbah Industri Tapioka. Jurnal Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan. Vol. 10 (2) Desember 2011: pp 103-112.