

ANALISIS CO BENEFIT DI SENTRA INDUSTRI TAHU ADIWERNA, KABUPATEN TEGAL

Taty Hernaningsih

Peneliti di Pusat Teknologi Lingkungan
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Abstract

“Co-benefits” refers to multiple benefits in different fields resulting from one policy, strategy or action plan. As an example: policy or strategy taken on reducing GHG emission from transportation, would ensure better air quality, health, promoting the use of biofuels and other alternative energy sources. Industrial waste water or domestic wastewater household if not disposed of or treated with either will cause pollution. The high content of organic content in wastewater will lead to GHG emissions impact on society as well as water pollution and odor pollution, Environmental Management in Industry Centers Adiwerna Tofu, Tegal regency was done by the management (cleaner production) and waste water treatment. Co Benefit analysis showed the relationship of environmental quality improvement occurs with the reduction of COD and capture methane gas that can be utilized for the community. The reduction of emissions in air can reduce GHG. Method of estimated GHG reduction can be done by comparing GHG emissions before the project (baseline - BE) and after the implementation of projects co-benefits (project - PE). The evaluation was done by grouping into 3 tiers. Evaluation indicators are COD, BOD5, smell, CH₄, while other indicators are N, P and hazardous waste indicators concerning health. To get the best results of the evaluation required complete data.

Keywords : GRK, Co-benefit, Tier, Metana, COD

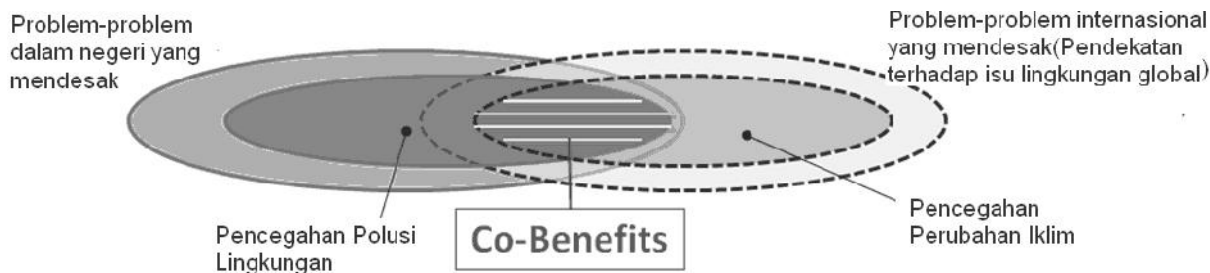
1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengertian “Co-benefits” merupakan keuntungan berganda di beberapa hal yang diperoleh dari satu kebijakan, strategi atau rencana kegiatan⁽¹⁾. Sebagai contoh, strategi yang digunakan untuk mengatasi perubahan iklim juga dapat memberikan akibat yang positif di bidang lainnya, seperti perbaikan lingkungan hidup serta perbaikan ekonomi masyarakat, dimana misalnya, kebijakan atau strategi yang dilakukan dalam pengurangan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari sektor transportasi, akan meningkatkan kualitas udara dan kualitas

kesehatan, yaitu dengan cara meningkatkan penggunaan *biofuel* dan sumber energi alternatif lainnya.

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup Jepang (*Japan’s Ministry of Environment (MEOJ)*) pendekatan co-benefits dalam penanganan perubahan iklim dan CDM mencakup inisiatif untuk memenuhi kebutuhan bagi negara berkembang di satu sisi dan juga sekaligus mitigasi perubahan iklim, di sisi lain. Pelaksanaan CDM sangat penting untuk dapat mengatasi permasalahan pembangunan sosial ekonomi dan lingkungan yang menjadi isu pokok di negara berkembang seperti Indonesia ⁽²⁾. Secara umum, gambaran konsep *co-benefit* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Konsep Co-Benefits ⁽⁵⁾

Gambar 1 diatas menunjukkan bahwa mendesak untuk segera diselesaikan dan disisi terdapat permasalahan dalam negeri yang lain terdapat pula permasalahan yang bersifat

internasional seperti permasalahan perubahan iklim yang juga segera harus diselesaikan dengan cepat. Dua permasalahan ini diselesaikan secara bersamaan dengan melakukan penanganan pencemaran lingkungan untuk dalam negeri dan penanganan permasalahan internasional seperti perubahan iklim. Dalam gambar diatas ada bagian dimana dapat dilakukan pendekatan co-benefit. Pendekatan ini merupakan sinergi yang erat antara mitigasi perubahan iklim dan kegiatan pembangunan berkelanjutan, seperti juga yang telah dilakukan oleh negara berkembang⁽⁶⁾.

Sebagai bagian dari rencana pemerintah dalam mitigasi perubahan iklim, pemerintah Indonesia telah mengembangkan *roadmap terjadinya* perubahan iklim termasuk kegiatan-kegiatan yang berkaitan di beberapa sektor pembangunan. Sesuai dengan tugas dan fungsinya, maka Kementerian Lingkungan Hidup telah ikut serta dalam mempersiapkan *roadmap* di sektor pengendalian pencemaran.

Kementerian Lingkungan Hidup telah melakukan kegiatan *co-benefit* melalui kegiatan seminar serta studi kelayakan. Kegiatan-kegiatan ini perlu disebarkan kepada pemerintahan daerah sehingga pemerintah daerah dapat mengintegrasikan kegiatan pengurangan emisi GRK ke dalam kegiatan-kegiatan pengelolaan lingkungan hidup masyarakat.

Salah satu kegiatan percontohan dalam pengendalian pencemaran yang dilakukan Kementerian Lingkungan Hidup adalah industri kecil adalah Sentra Industri Tahu Adiwerna, Kabupaten Tegal. Industri tahu atau limbah cair domestik rumah tangga jika dibuang atau diolah dengan tidak baik akan menyebabkan pencemaran. Tingginya kandungan kandungan organik dalam air limbah akan menyebabkan emisi metana yang berdampak negatif kepada masyarakat seperti halnya dengan pencemaran air dan pencemaran bau,

Teknologi pengolahan dan peralatan yang lebih baik dan tepat akan menghasilkan *co benefit* dan pemecahan masalah tersebut. Pendekatan *co-benefit* dalam pencegahan pencemaran lingkungan dan perubahan iklim perlu dilaksanakan, karena memiliki banyak keuntungan. Keuntungan dalam lingkungan/pembangunan berkelanjutan, diantaranya: pengurangan dampak pencemaran udara dan air, lingkungan serta udara yang lebih bersih, mengurangi bau dalam pengelolaan limbah, meningkatkan sanitasi lingkungan yang lebih baik, pengurangan emisi GRK dan pengurangan risiko kebakaran. Sedangkan keuntungan ekonomi/pembangunan adalah penambahan penghasilan melalui penggunaan gas metana, pengurangan biaya operasi dari substitusi energi yang berasal dari metana. Kegiatan yang akan

dievaluasi *co benefit* adalah pengolahan air limbah di Sentra Industri Tahu Tahu Adiwerna, Kabupaten Tegal.

1.2. Tujuan dan Sasaran

Tujuan kegiatan adalah melakukan evaluasi *Co Benefit* terhadap pengolahan air limbah di Sentra Industri Tahu Tahu Adiwerna, Kabupaten Tegal. Adapun sasarannya adalah agar masyarakat mengetahui bahwa dengan pengelolaan lingkungan yang baik akan memberikan keuntungan yang ganda baik untuk lingkungan, kesehatan maupun untuk ekonominya, Dengan pengelolaan lingkungan di industri kecil ini diharapkan dapat merupakan contoh bagi industri kecil lainnya, industri besar ataupun kegiatan lain yang menghasilkan air limbah untuk turut serta melaksanakan pengelolaan lingkungan.

2. METODOLOGI

Estimasi penurunan GRK dapat dilakukan dengan membandingkan emisi GRK awal (*baseline* - BE) serta GRK setelah implementasi proyek *co-benefits* (*project* - PE). Metodologi pengurangan GRK dengan persamaan^{(3),(5)}:

$$ER_{CO_2,y} = BE_{CO_2,y} - PE_{CO_2,y} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :
 $ER_{CO_2,y}$ = $BE_{CO_2,y}$ - $PE_{CO_2,y}$
 $ER_{CO_2,y}$: Pengurangan emisi GRK (tCO_{2e})
 $BE_{CO_2,y}$: Emisi GRK skenario awal (tCO_{2e})
 $PE_{CO_2,y}$: Emisi GRK Skenario setelah proyek (tCO_{2e})

Metodologi untuk evaluasi level COD yang terdapat dalam air limbah setelah adanya proyek dapat dihitung dengan persamaan:

$$ER_{COD} = BE_{COD} - PE_{COD} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana,
 ER_{COD} : Pengurangan COD (ton/tahun)
 BE_{COD} : COD Skenario awal (ton/tahun)
 PE_{COD} : COD Skenario setelah proyek (ton/tahun)

Secara umum metode perhitungan didasarkan pada *Draft Manual for Quantitative Evaluation of the Co-Benefits Approach to Climate Change*⁽⁵⁾. Namun demikian, ada beberapa pendekatan dibuat berdasarkan data dari IPCC serta US-EPA, yang dirasa lebih sederhana serta lebih mudah diaplikasikan oleh pemerintah daerah.

Berdasarkan *Draft Manual* di atas, tingkatan metodologi evaluasi yang digunakan dapat dikelompokkan ke dalam 3 tingkatan *Tier* (Tingkat Kesulitan), seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Metodologi Evaluasi Untuk Kegiatan Co-Benefits

Tingkatan	Metodologi Evaluasi	Keterangan
Tier 1	Tidak dilakukan perhitungan, evaluasi dilakukan berdasarkan kriteria evaluasi yang dibuat secara khusus untuk kegiatan tersebut	Pembuatan persamaan perhitungan keuntungan kegiatan co-benefits sulit dilakukan, serta data sangat sulit didapat. Keuntungan dapat dievaluasi berdasarkan kriteria-kriteria kualitatif yang telah ditentukan sebelumnya
Tier 2	Evaluasi secara kuantitatif dilakukan seperlunya, menggunakan persamaan serta data pengukuran yang ada	Tingkatan ini menggunakan data pengukuran aktual untuk mengevaluasi kegiatan co-benefit. Kalau data pengukuran tidak ada, maka evaluasi dilakukan menggunakan data-data dasar (default)
Tier 3	Evaluasi kuantitatif dilakukan menggunakan data pengukuran untuk aktivitas tersebut, juga menggunakan persamaan-persamaan spesifik	Tingkatan ini menggunakan data-data pengukuran aktual serta persamaan-persamaan yang bersifat spesifik

Berdasarkan Tabel 1 dalam melakukan evaluasi, maka kegiatan evaluasi dapat digolongkan menjadi tiga tingkatan seperti Tabel 2.

Tabel 2. Tingkatan Indikator Evaluasi Berdasarkan Tingkat Kesulitannya

Tingkatan	Tingkatan evaluasi	Contoh Indikator
Tier 1	Evaluasi sulit dilakukan secara kuantitatif, serta hanya dapat dilakukan secara kualitatif	Stimulasi ekonomi dan lain-lain.
Tier 2	Pengambilan data lapangan serta evaluasi kuantitatif menggunakan	COD, SO _x , konsumsi BBM, CH ₄ dan lain-lain.

	persamaan-persamaan standar mudah dilakukan	
Tier 3	Pengambilan data lapangan serta evaluasi kuantitatif menggunakan persamaan-persamaan spesifik lebih sulit dilakukan	Penurunan jumlah debit air, nilai ekonomis perbaikan kualitas lingkungan, dan lain-lain.

Dalam metodologi ini ditentukan indikator utama yang perlu dievaluasi untuk pendekatan *co-benefits* dalam kategori peningkatan kualitas air tabel 3. Kategori ini memfokuskan pada limbah cair yang berasal dari kegiatan rumah tangga dan industri. Meskipun tidak berhubungan langsung ngan GRK, indikator-indikator lain juga perlu dievaluasi, seperti Nitrogen (N), Fosfor (P) dan B3 yang dapat mengganggu kesehatan manusia (Tabel 4).

3. SUMBER KATAGORI DAN POTENSI EMISI GRK

Air limbah merupakan sumber metana jika diolah secara anaerobik atau dibiarkan tidak dilakukan pengolahan. Selain itu air limbah juga merupakan sumber emisi N₂O. Dalam hal ini emisi CO₂ dari air limbah tidak dimasukkan dalam perhitungan sebagai sumber-sumber organik. Sumber katagori dalam air limbah dapat dilihat pada Tabel 5. Untuk menentukan *co benefit* harus diperhatikan karakteristik diagram alir air dalam suatu sistem pengelolaan air limbah.

4. KEGIATAN CO-BENEFITS YANG BERPOTENSI

Dalam pegelolaan air limbah terdapat beberapa sektor potensial yang dapat dibahas kegiatan *co-benefit*-nya. Berdasarkan penyelenggaranya, maka kegiatan *co-benefit* dapat dikategorikan dalam sektor-sektor di bawah ini:

- Kegiatan pengelolaan lingkungan yang dilakukan oleh pemerintah pusat/daerah.
- Kegiatan pengelolaan lingkungan yang dilakukan berdasarkan inisiatif dari masyarakat.
- Kegiatan pengelolaan lingkungan yang dilakukan oleh pihak swasta.

Berdasarkan lingkup aktivitasnya, maka kegiatan *co-benefit* peningkatan kualitas air dan teknologi yang digunakan dapat disajikan dalam seperti Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 3. Indikator Evaluasi Untuk Kategori Peningkatan Kualitas Air

Indikator Evaluasi	Keterangan	Kegunaan Indikator	Target
<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	Limbah organik yang terkandung dalam air limbah domestik dan industri	Evaluasi penurunan polusi berdasarkan penurunan konsentrasi COD dalam limbah cair, yang diakibatkan adanya proyek	Pencegahan Polusi Lingkungan
<i>Biological Oxygen Demand (BOD₅)</i>	Limbah organik yang terkandung dalam air limbah domestik dan industri	Evaluasi penurunan polusi berdasarkan penurunan konsentrasi BOD dalam limbah cair, yang diakibatkan adanya proyek	Pencegahan Polusi Lingkungan
Bau	Bau yang tidak sedap dari adanya degradasi bahan organik dalam limbah (H ₂ S and volatile organic carbon)	Evaluasi penurunan derajat bau yang diakibatkan adanya proyek	Pencegahan Polusi Lingkungan
Metana (CH ₄)	GRK yang dihasilkan dari degradasi bahan organik secara anaerobik	Evaluasi penurunan emisi GRK berdasarkan penurunan emisi metana yang diakibatkan adanya proyek	Pencegahan perubahan iklim
Karbon dioksida (CO ₂)	GRK yang dihasilkan dari pembakaran BBM untuk listrik, atau untuk pengoperasian IPAL	Evaluasi penurunan emisi karbon dioksida akibat penurunan penggunaan BBM yang diakibatkan adanya proyek	Pencegahan perubahan iklim

Tabel 4. Indikator Evaluasi Untuk Kategori Perbaikan Kualitas Air Untuk N, P Dan B3

Indikator	Keterangan	Kegunaan Indikator	Target
Nitrogen (N)	Senyawa yang mengakibatkan adanya eutrofikasi	Evaluasi penurunan pencemaran dari penurunan konsentrasi N yang diakibatkan adanya proyek	Pencegahan polusi lingkungan
Fosfor (P)	Senyawa yang mengakibatkan adanya eutrofikasi	Evaluasi penurunan pencemaran dari penurunan konsentrasi P yang diakibatkan adanya proyek	
B3	Senyawa yang dapat mengganggu kesehatan manusia	Evaluasi penurunan pencemaran dari penurunan konsentrasi B3 yang diakibatkan adanya proyek	

Tabel 5. Sumber Katagori dan Emisi GRK ⁽⁶⁾

Tipe Pengolahan dan Pembuangan			Potensi Emisi CH ₄ dan N ₂ O	Keterangan
Dikumpulkan	Tidak Diolah		Dibuang ke sungai	Sungai dengan beban organik tinggi dapat berubah menjadi anaerobik
			Saluran (tertutup dan di bawah tanah)	Bukan sumber CH ₄ dan N ₂ O Pergerakan cepat, bersih (tidak signifikan jumlah CH ₄ dari stasiun pompa)
	Diolah		Saluran (terbuka)	Tidak mengalir, saluran/kanal sudah penuh kemungkinan jelas sebagai sumber CH ₄ Terbuka dan hangat
	Diolah	Aerobik	Pengolahan anaerobik dengan lumpur aktif di instalasi pengolahan air limbah secara aerobik dengan	Kemungkinan menghasilkan CH ₄ terbatas dari sumber anaerobik.. Instalasi pengolahan lanjutan dengan penghilangan nutrient (nitrifikasi dan denitrifikasi) sedikit tetapi tidak terlihat Harus dikelola dengan baik. atau sumber-sumber lain. Sebagian CH ₄ dapat diemisikan dari bak pengendap Pengelolaan tidak baik. Terlalu penuh

			sistim terpusat	menghasilkan N ₂ O.	
			IPAL secara aerobik dengan sistim terpusat	Lumpur mungkin jelas sumber CH ₄ jika emisi CH ₄ tidak ditutupi atau dibakar	Perubahan CH ₄ tidak disarankan
			Danau dangkal secara aerobik	Bukan sumber CH ₄ dan N ₂ O. Perencanaan yang kurang baik atau sistem pengelolaan aerobik akan menghasilkan CH ₄	Kedalaman < 2 m, memerlukan keputusan tenaga ahli Kedalaman > 2 m
		Anaerobik	Lagoon anaerobik	Kemungkinan sumber CH ₄ . Bukan sumber NO ₂	
			Reaktor anaerobik	Kemungkinan sumber CH ₄ jika emisi CH ₄ tidak ditutupi atau dibakar	Perubahan CH ₄ tidak disarankan
Tidak Dikumpulkan	Septiktank			Penghilangan zat padat secara kontinyu mengurangi produksi CH ₄	Setengah endapan BOD di dalam bak anaerobik
	Cubluk/jamban			Cubluk/jamban kemungkinan menghasilkan CH ₄ jika temperature dan waktu proses memungkinkan	Musim kering, muka air tanah jauh di bawah jamban, keluarga kecil(3-5 orang) Musim kering, muka air tanah di bawah jamban, komunal(banyak pengguna) Musim hujan/penggunaan air pengglontor ,muka air tanah jauh di atas jamban Penghilangan lumpur untuk pupuk
	Dibuang ke sungai			Lihat di atas	

Sumber: Ishigaki Tomonori, 2009.

Tabel 6: Teknologi dalam Kegiatan Co-benefit di Indonesia untuk Peningkatan Kualitas Air

No	Jenis Teknologi	Aktivitas menggunakan pendekatan co-benefits	Efek Penurunan GRK	Co-Benefit
1	Teknologi Biofilter Kombinasi Anaerobik-Aerobik	Pengolahan limbah organik konsentrasi tinggi secara anaerobik, seperti Semanan, Jakarta Barat, atau Sentra Industri Tahu di Tegal, Limbah Peternakan babi Pulau Bulan, MCK komunal di Petojo, Jakarta.	Menurunkan emisi gas metana ke atmosfer dengan melakukan pekeuntungan gas yang muncul.	Mengurangi jumlah pencemar yang masuk ke lingkungan, Meningkatkan kesehatan lingkungan, Mengurangi pencemaran air tanah dangkal, Mengurangi bau akibat limbah.
2	Teknologi Kolam Oxidation Ditch (Sistem Aerobik)	Pengolahan limbah industri skala besar untuk menurunkan konsentrasi limbah pencemaran, seperti di Kawasan Industry Jababeka.	Menurunkan Emisi N ₂ O ke udara.	Mengurangi jumlah pencemar yang masuk ke lingkungan, Meningkatkan kesehatan lingkungan, Mengurangi pencemaran air tanah dangkal, Mengurangi bau akibat limbah.
3	Teknologi Reaktor Anaerobik	Pengolahan Limbah dari Rumah Pemotongan Hewan (RPH) di Cakung, Jakarta dan Suwung-Denpasar)	Menurunkan emisi gas metana, jika dilakukan pembakaran gas (flaring).	Mengurangi pencemaran yang masuk ke lingkungan sekitar, mengurangi pencemaran air tanah dan Mengurangi bau serta gejolak sosial.
4	Teknologi Pengelolaan Limbah Leachate	Menetralkan kemasaman air, menurunkan kandungan organik dalam air limbah	Penurunan emisi CH ₄	Mencegah timbulnya bau tidak sedap, Meningkatkan pH air, Mengurangi pencemaran bahan organik, Meningkatkan kesehatan lingkungan

5. EVALUASI CO BENEFIT DALAM PENINGKATAN KUALITAS AIR

Evaluasi proyek *co-benefits* akan sangat tergantung pada kondisi lokal yang berbeda-beda untuk tiap daerah, tergantung target, serta harus dapat diaplikasikan secara mudah dan efektif. MOEJ (2009) menyatakan bahwa evaluasi hendaknya didasarkan pada kriteria-kriteria di bawah ⁽¹⁾:

- Dapat merefleksikan inisiatif dari pemerintah daerah, mempertimbangkan keragaman masalah di tiap daerah serta pendekatan yang mungkin berbeda dalam mengimplementasikan pembangunan berkelanjutan.
- Transparan, adil, serta dapat direproduksi di tempat lain.
- Dapat diimplementasikan secara cepat dan mudah.

Salah satu kegiatan *co-benefits* yang telah dilaksanakan adalah di Sentra Industri Tahu di Desa Adiwerna, Kabupaten Tegal – Jawa Tengah. Di Desa Adiwerna Kecamatan Adiwerna terdapat 464 KK, 400 pengrajin tahu. Di Dukuh Pesalakan terdapat 278 pengrajin tahu dan mempunyai dua unit IPAL namun kapasitas IPAL terpasang tidak sesuai dengan air limbah yang diolah, satu IPAL melayani 150 pengrajin dan satu lagi melayani 138 pengrajin. Debit air limbah yang diolah IPAL sebesar 225 m³/hari. Disamping Desa Adiwerna, sentra industri tahu juga terdapat di beberapa desa lain, yaitu Desa Kemranggen, Pekiringan, dan Desa Harjosari Lor.

Dengan bantuan teknis dari KLH, Desa Adiwerna telah membuat unit pengolahan limbah yang terpusat, di daerah utara dan selatan, dengan kapasitas total 225 m³ limbah per hari, dengan sistem Dewats, yang juga digunakan di RPH Pesanggrahan, Denpasar ⁽⁴⁾. *Anaerobic digester* dan kompor yang menggunakan gas metana dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Kegiatan *co-benefits* yang dilakukan meliputi dua bagian utama, yaitu perbaikan manajemen limbah, serta pengelolaan limbah cair secara terpusat. Kegiatan yang pertama meliputi perbaikan sistem pembuatan tahu dengan pendekatan industri bersih. Kegiatan ini memberikan kontribusi terhadap penurunan jumlah limbah cair yang dihasilkan, serta penurunan jumlah energi yang digunakan. Kegiatan selanjutnya adalah pembuatan fasilitas pengolahan limbah cair tahu dengan metode anaerobik yang dipadukan dengan sistem lagoon. Kegiatan ini, memiliki dampak positif terhadap:

- Penurunan konsentrasi COD di effluen.

- Penangkapan gas metana, yang digunakan untuk sumber bahan bakar rumah tangga, saat ini sekitar 100 rumah tangga telah menggunakan sumber energi untuk kegiatan memasak dari biogas yang dihasilkan oleh dua fasilitas ini.
- Penurunan indeks bau yang diakibatkan oleh terlepasnya volatile organik carbon dalam saluran limbah.



Gambar 1 Anaerobic Digester



Gambar 2. Kompor Dengan Bahan Bakar Metana

Desain kedua unit pengolahan limbah ini adalah mampu mengolah sekitar 225 m³ limbah setiap hari, dengan hasil analisa kualitas air IPAL tanggal 20 Agustus 2010 sesuai tabel 7.

Tabel 7. Hasil Analisis Kualitas Air Limbah Sebelum Serta Setelah Proses Pengolahan Di Sentra Industri Tahu Tegal

No	Parameter	Utara	Selatan
		I	II
	IPAL UTARA		
1	COD Total (g/m ³)	3080	81
2	COD Terlarut (g/m ³)	1056	53

3	Nitrate (g/m ³)	204.42	209.87	228.31
4	Phosphate (P) (g/m ³)	9.88	10.79	9.15
5	pH	6.56	8.39	8.37
IPAL SELATAN				
6	COD Total (g/m ³)	3168	76	70
7	COD Terlarut (g/m ³)	1188	41	42
8	Nitrate (g/m ³)	187.79	185.67	195.96
9	Phosphate (P) (g/m ³)	10.08	10.35	9.85
10	pH	5.45	8.34	8.36

a. Analisis Co-Benefits

Analisis *co-benefits* pada kegiatan ini menggunakan *Tier* (Tingkat Kesulitan) 2 dan *Tier* (Tingkat Kesulitan) 3.

b. Katagori Pengelolaan Limbah

Dengan pengelolaan industri bersih, maka dapat diperoleh beberapa keuntungan yang dirasakan langsung oleh masyarakat. Salah satunya adalah penurunan volume limbah serta penurunan konsumsi bahan bakar yang digunakan. Seperti disampaikan pada tabel 8 berikut. Namun demikian, pada saat ini penurunan jumlah emisi, serta penurunan konsentrasi COD yang dihasilkan dari adanya proyek ini tidak dapat dikuantifikasi, karena ketiadaan data dasar.

Tabel 8. Peningkatan Efisiensi Pengolahan Tahu Sebagai Akibat Diterapkannya Produksi Bersih (Skenario Proyek)

No	Komponen	Pencapaian Effisiensi (%)
1	Kebutuhan kedelai/hari	-
2	Luas lahan	18,32
3	Penggunaan air	50,24
4	Tenaga kerja	42,71
5	Bahan bakar	34
6	Waktu produksi	49
7	Kuantitas tahu	13,04

c. Katagori Peningkatan Kualitas Air

Dalam perhitungan ini ada beberapa asumsi yang digunakan yaitu:

- Volume dan kualitas limbah sebelum dan setelah proyek sama (225 m³/hari)

- Kedua fasilitas dianggap menjadi satu fasilitas dalam perhitungannya karena ketiadaan data mengenai debit untuk masing-masing unit IPAL.

d. Pengurangan Beban COD

Jumlah limbah yang dihasilkan adalah 225 m³/hari, dengan konsentrasi COD 3.000 kg/m³. Diasumsikan bahwa limbah sebelumnya tidak diolah, dan karena tidak ada data yang tersedia, maka efisiensi pengurangan COD nya diperkirakan hanya sekitar 10%, sedangkan dalam proyek, diketahui bahwa laju penurunan COD dalam skenario proyek adalah 98 % (dari 30.000 g/m³ menjadi 68 g/m³). Dari hasil asumsi tersebut diketahui bahwa pengurangan beban COD setelah adanya proyek adalah 214 tCOD/tahun (Tabel 9. Perhitungan penurunan COD di Lampiran)

e. Pengurangan GRK

Berdasarkan uraian di atas, diketahui bahwa sistem pengolahan limbah di Sentra Industri Tahu Adiwerna adalah kombinasi antara anaerobik digestion dengan pengolahan sistem aerobik pada lagoon (kolam) aerobik. Sedangkan sebelum proyek dilaksanakan, diasumsikan bahwa limbah dibuang ke lingkungan. Dalam kegiatan ini juga diasumsikan bahwa lumpur yang dihasilkan tidak diproses, sehingga tidak diperhitungkan dalam analisis ini. Dengan demikian maka, persamaan emisi GRK⁽⁵⁾ adalah sebagai berikut:

$$BE_{CO_2,y} = BE_{CO_2,ww,y} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

$$BE_{CO_2,ww,y} = \sum_{i,m} (Q_{ww,m,y} * COD_{removed,i,m,y} * MCF_{anaerobic,i}) B_o * UF_{BL} * GWP_{CH_4} \dots(4)$$

Dimana :

- BE* : skenario dasar emisi GRK (tCO₂e)
- Q* : debit air limbah (m³/tahun)
- Mcf* : factor koreksi metana(Tabel 2-4 ⁽¹⁾)
- Ufel* : faktor koreksi model(1.06)
- GWP_{CH4}*: potensi metana global warming: 21
- Bo* : potensi generasi metana Maksimum (IPCC default) ⁽³⁾ 0,21 (kgCH₄/kg COD)

Dari hasil perhitungan dapat dihitung bahwa pengurangan emisi GRK karena adanya proyek ini adalah sebesar 508 tCO₂e/tahun.

f. Keuntungan Terhadap Masyarakat

Berdasarkan pengelolaan air limbah di Sentra Industri Tahu Adiwerna maka didapat

keuntungan ganda yaitu mengurangi pencemaran lingkungan dan keuntungan ekonomi. Keuntungan ekonomi ini dapat dirasakan oleh masyarakat secara langsung yaitu melalui limbah pakan ternak dan hasil produksi gas metana dari instalasi pengolahan air limbah tahu. Limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu dapat digunakan sebagai alternatif pakan ternak. Hal tersebut dilakukan karena dalam ampas tahu terdapat kandungan gizi. Yaitu, protein (23,55 %), lemak (5,54 %), karbohidrat (26,92 %), abu (17,03 %), serat kasar (16,53 %), dan air (10,43 %).

Gas metana yang merupakan salah satu bentuk biogas bersifat tidak berbau, tidak berwarna dan sangat mudah terbakar. Pada umumnya di alam tidak berbentuk sebagai gas murni namun campuran gas lain yaitu metana sebesar 65%, karbondioksida 30%, hidrogen disulfida sebanyak 1% dan gas-gas lain dalam jumlah yang sangat kecil. Biogas sebanyak 1000 ft³ (28,32 m³) mempunyai nilai pembakaran yang sama dengan 6,4 galon (1 US gallon = 3,785 liter) butana atau 5,2 galon gasolin (bensin) atau 4,6 galon minyak diesel.

Untuk memasak pada rumah tangga dengan 4-5 anggota keluarga cukup 150 ft³ per hari. Proses dekomposisi limbah cair menjadi biogas memerlukan waktu sekitar 8-10 hari. Satu kilogram tahu menghasilkan sekitar 29 gram CH₄ jadi gas metana yang dapat dikeuntungan masyarakat adalah 440 kg (setara dengan 11.000 kg CO₂) per hari. Jumlah keluarga yang mekeuntungan gas metana adalah 40 keluarga di IPAL sebelah selatan dan 60 keluarga di IPAL Utara.

Masyarakat di sekitar dapat menggunakan hasil gas metana melalui pipa-pipa yang disediakan oleh pengelola. Gas digunakan untuk keperluan masak sehari-hari sehingga masyarakat tidak perlu membeli gas dari Pertamina ataupun membeli minyak tanah, tetapi mereka hanya membayar iuran gas metana secara bulanan ke pengelola. Untuk pemasangan pipa gas masyarakat harus membayar biaya pemasangan sekitar Rp.150.000,- dengan cara cicilan yang dapat dibayar selama 3 bulan. Sedangkan untuk pembayaran bulanan dilakukan dengan sistem sebagai berikut:

- Masyarakat sekitar yang menghasilkan air limbah dari industri tahu dan mengalirkan air limbah tahu ke IPAL hanya membayar Rp. 10.000,- per bulan.
- Masyarakat sekitar yang tidak menghasilkan air limbah tahu hanya membayar Rp. 15.000,- per bulan.

6. KESIMPULAN

- 1) Perbaikan manajemen limbah dan pengelolaan limbah cair secara memberikan kontribusi terhadap penurunan jumlah limbah cair yang dihasilkan, serta penurunan jumlah energi yang digunakan.
- 2) Pembuatan fasilitas pengolahan limbah cair tahu dengan metode anaerobik yang dipadukan dengan sistem lagoon. Kegiatan ini, memiliki dampak positif terhadap:
 - Penurunan konsentrasi COD di effluen
 - Penangkapan gas metana untuk sumber bahan bakar/memasak 100 rumah tangga
 - Penurunan indeks bau yang diakibatkan oleh terlepasnya volatile organik carbon dalam saluran limbah.
- 3) Analisis co-benefits pada kegiatan ini menggunakan *Tier* (Tingkat Kesulitan) 2 dan *Tier* (Tingkat Kesulitan) 3.
- 4) Katagori Pengelolaan Limbah menyebabkan penurunan jumlah emisi dengan dihasilkannya gas metana dan penurunan konsentrasi COD yang dihasilkan dari adanya proyek ini tidak dapat dikuantifikasi secara series, karena ketiadaan data dasar.
- 5) Katagori peningkatan kualitas dengan menetapkan asumsi debit air limbah 225 m³/hari, dengan konsentrasi COD 3000 kg/m³. Diasumsikan limbah sebelumnya tidak diolah karena tidak ada data, maka efisiensi pengurangan COD nya sekitar 10%, sedangkan dalam proyek, diketahui penurunan COD dalam skenario proyek adalah 98 % (dari 30000 g/m³ menjadi 68 g/m³). Sehingga pengurangan beban COD setelah adanya proyek adalah 214 tCOD/tahun (perhitungan penurunan COD di Lampiran).
- 6) Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa pengurangan emisi GRK karena adanya proyek ini adalah sebesar 508 tCO₂e/tahun.
- 7) Keuntungan yang dapat dirasakan oleh masyarakat secara langsung yaitu melalui limbah pakan ternak dan hasil produksi gas metana dari IPAL tahu.

DAFTAR PUSTAKA

1. Minister of Environment of Japan. *Manual for Quantitative Evaluation of the Co-Benefits Approach to Climate Change Projects (Ver 1.0)*, Minister of Environment Japan, 2009.
2. Pacific Consultants, *Report for Investigation of Support Strategy for Establishing Co-Benefit Type Low Carbon Society in Indonesia*, Pacific Consultants, Co., Ltd, 2010.
3. Eggleston, S., L. Buendia, K. Miwa, T. Nagara and K. Tanabe, *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Institute for Global Environmental Strategies, Japan, 2006
4. Hendrawati, T. et. Al, *Pedoman Pengelolaan Limbah Kegiatan Peternakan dan Rumah Potong Hewan*. Program agroindustry towards zero waste. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2009
5. Tsuji, K. *Japan's Activities to Promote Co-Benefit Approach*. International Cooperation Office, Ministry of the Environment, Japan, 2009.
6. Ishigaki Tomonori, *Possibly Co-benefit? Advanced Wastewater Treatment Process*, Department of Environmental Solution Technology Ryukoku University, Japan, 2009.

LAMPIRAN

Tabel 9. Perhitungan Penurunan Beban COD Setelah Implementasi Proyek di Sentra Industri Tahu Adiwerna, Kabupaten Tegal

Persamaan A.1 Perhitungan Penurunan COD dari Air Limbah			
Tipe Air Limbah	BE _{COD} (Ton/tahun)	PE _{COD} (Ton/tahun)	ER _{COD} (Ton/tahun)
	(1)	(2)	(3) = (1)-(2)
1	221.7375	7.39125	214.34625
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
dst			

Persamaan A.2 Perhitungan Beban COD di Discharge (Skenario Baseline)						
Tipe Air Limbah	COD _f (mg/L)	COD _f (Ton/m ³)	Q(m ³ /hari)	Q(m ³ /Tahun)	R _{COD,BL}	BE _{COD} (Ton/Tahun)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	3000	0.003	225	82125	0.1	221.7375
2		0		0		0
3		0		0		0
4		0		0		0
5		0		0		0
dst						

Persamaan A.3 Perhitungan Beban COD di Discharge (Skenario Proyek)						
Tipe Air Limbah	COD _f (mg/L)	COD _f (Ton/m ³)	Q(m ³ /hari)	Q _{pj} (m ³ /Tahun)	R _{COD,PJ}	PE _{COD} (Ton/Tahun)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	3000	0.003	225	82125	0.97	7.39125
2		0		0		0
3		0		0		0
4		0		0		0
5		0		0		0
dst						