

ANALISIS MANFAAT- BIAYA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PT SARI HUSADA YOGYAKARTA

Endah Saptutyingsih
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak

There is a high rate of growth in Indonesia manufacture industry today. The important role of manufacture industry followed by emerging both positive and negative impact. Negative impact can be seen especially in pollution problems. The objective of this study is to evaluate systematically on benefit and cost in relation to usage at Instalasi Populasi Air Timbal (IPAL). To evaluate it the author use sensitivity analysis.

PENDAHULUAN

Disadari bahwa sengaja atau tidak sengaja, aktivitas pembangunan yang dilakukan selama ini telah mengganggu atau mengubah kondisi lingkungan hidup ke arah yang negatif. Kesadaran tersebut kini telah dimiliki oleh negara-negara di dunia. Masalah lingkungan dan pembangunan berkelanjutan telah menjadi pusat perhatian dunia internasional.

Pencemaran lingkungan hidup terus terjadi di seluruh dunia sejak permulaan industrialisasi, dan kini sudah mencapai keadaan yang membahayakan kelangsungan

kehidupan. Jika perkembangan ini tidak dibendung hal ini akan mengancam keberadaan sumberdaya generasi mendatang. Meningkatnya aktivitas ekonomi untuk mempercepat laju pembangunan disatu sisi berhasil meningkatkan pendapatan penduduk. Namun disisi lain telah menimbulkan permasalahan baru yaitu semakin menipisnya persediaan sumberdaya alam dan terjadinya kerusakan lingkungan serta penurunan kualitas lingkungan. Untuk menghindari pengaruh yang lebih buruk dan menjaga kelestarian lingkungan inilah maka diperlukan suatu wawasan pembangunan yang berorientasi pada

lingkungan, yang kemudian dikenal sebagai pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*).

Sementara itu, tingkat pencemaran di negara-negara dunia ketiga yang justru lebih tinggi dibandingkan dengan negara maju. Ratusan kota di negara berkembang memiliki konsentrasi industri yang tinggi. Pencemaran udara, air, kebisingan, dan limbah padat telah meningkat dengan pesat dan dapat berakibat fatal bagi kehidupan dan kesehatan penduduk dan dapat pula berpengaruh terhadap perekonomiannya. Parahnya kondisi lingkungan yang cukup memprihatinkan ini dapat terlihat pada fakta sebesar 1,7 miliar orang yang sebagian besar berasal dari negara-negara yang sedang membangun tidak memiliki persediaan air bersih yang cukup, sementara bangsa-bangsa maju di Eropa dan Amerika Utara menghadapi masalah pengendalian sumber air akibat kontaminasi, pengasaman, dan penurunan mutu air. Dampaknya, penyediaan air untuk pemukiman di kota-kota juga menjadi masalah di seluruh dunia. Tiga faktor dapat menjadi penyebab timbulnya pencemaran lingkungan adalah sosial, ekonomi, dan teknologi yang ketiganya sebab tersebut saling berhubungan erat. Industrialisasi, yang mengandung ketiga faktor tersebut dengan sendirinya secara logis dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.¹

Pertumbuhan pencemaran industri, terutama di Jawa dimana pada wilayah ini terdapat sekitar 75% dari total industri manufaktur di Indonesia, telah mengancam kesehatan dan lingkungan, sehingga mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan yang kemudian berdampak pada kualitas hidup manusia. Dengan tingkat pertumbuhan output industri yang cepat, maka beban pencemaran di masa depan diperkirakan akan meningkat. Pencemaran industri di Indonesia terkonsentrasi di daerah perkotaan dan propinsi yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi. Konsentrasi industri di pulau Jawa akan memperbesar jumlah polutan sebesar 8 kali lipat dari tingkat polutan saat ini yang sudah relatif tinggi, dan ini akan sama dengan dua pertiga dari total polutan Indonesia.

PERMASALAHAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan salah satu sektor industri, yaitu industri pengolahan makanan. Penelitian ditujukan untuk mengetahui bagaimana tingkat kelayakan Instalasi pengolahan air limbah (IPAL), dalam hal ini apakah dengan adanya IPAL tersebut memberikan keuntungan (manfaat) atau justru menimbulkan kerugian, dan seberapa jauh penggunaan IPAL tersebut dapat memperbaiki kualitas lingkungan. Penelitian ditekankan pada penilaian secara ekonomis terhadap pengadaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dan kerugian masyarakat yang dapat dihindari

1 Bambang Hariono, *Berbagai Masalah Pencemaran Logam Berat di Lingkungan Kita, dalam Manusia dan Lingkungan*, No.15 Th.V, 1998, PPLH, UGM, YK, Hal.37

Tabel 1.
Peringkat Pencemaran di Tiap Propinsi

No.	Propinsi	%	Jenis Industri Pencemar
1.	Jawa Barat	28	Tekstil, kertas, kimia
2.	Jawa Timur	20	Kertas, tekstil, makanan, besi/baja
3.	Jawa Tengah	15	Penyamakan kulit, tekstil, kertas, makanan, rokok, tapioka
4.	Sumatera Utara	15	Sawit, karet, kertas, baja, makanan, tekstil, kimia
5.	Lampung	7	Tapioka, sumpit, makanan
6.	Kalimantan Timur	3	Sawit dan pertambangan emas
7.	DKI Jakarta	3	Beragam
8.	DI Yogyakarta	2	Tekstil dan bohlam
9.	Bali	2	Hotel dan rafting
10.	Riau	2	Sawit
11.	Sumatera Selatan	2	Karet
12.	Jambi	1	Karet dan kayu lapis

Sumber : Kantor Negara Lingkungan Hidup, Jki, 1996²

dengan adanya upaya industri mengurangi dampak pencemaran terhadap lingkungan.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh pemakaian teknologi pengolah limbah oleh industri, yaitu untuk mengetahui apakah pengadaaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT Sari Husada layak secara ekonomis dari perbandingan antara seluruh manfaat dengan biaya yang dikeluarkan.

HASIL PENELITIAN SEBELUMNYA

Penelitian yang dilakukan oleh Kusumastuti dan Rahutami (1996), yang menganalisis tingkat output yang dihasilkan dengan pencemaran yang ditimbulkannya menunjukkan bahwa pembangunan yang hanya berorientasi pada peningkatan output akan berakibat buruk pada lingkungan. Semakin tinggi tingkat output yang dihasilkan maka

semakin tinggi tingkat pencemaran yang ditimbulkan. Peningkatan output dengan penggunaan teknologi produksi dan pengolahan limbah yang baik akan menghasilkan tingkat pencemaran yang relatif lebih rendah, dan bahkan dapat ditekan bila dibandingkan dengan peningkatan output tanpa adanya perbaikan teknologi produksi dan pengolahan limbah.

Penilaian ekonomi yang sistematis dan terpadu telah dikembangkan oleh ADB (*Asian Development Bank*). ADB memberikan panduan teknis dan beberapa ilustrasi aspek-aspek kualitas lingkungan yang terintegrasi dalam proyek-proyek pembangunan. Salah satunya adalah penelitian terhadap proyek pengendalian pencemaran air di Thailand yang mengambil obyek penelitian di sungai Chao Praya, yaitu dengan melakukan valuasi ekonomi di sungai Chao Praya. Dari penelitian ini diketahui bahwa pengelolaan limbah cair dapat digunakan untuk

2 Dalam Swasembada, No. 05/XII/April, 1996

mengestimasi penurunan berbagai jenis penyakit. Selain itu, dengan asumsi pengelolaan limbah air yang baik, dapat meningkatkan total pendapatan ikan (hasil pancingan), dan dampak peningkatan kualitas air terhadap rekreasi.

Wibawa (1997) melakukan penelitian tentang kelayakan kondisi air sungai yang mengalir di wilayah Kodya Yogyakarta, yaitu sungai Code, Gajah Wong, dan sungai Winong dengan cara mengestimasi kesediaan membayar (*willingness to pay*) masyarakat di pinggiran sungai tersebut. Dari hasil perhitungan diperoleh hasil bahwa kondisi air sungai di sepanjang wilayah tersebut tidak layak bagi kehidupan makhluk hidup termasuk manusia, karena polutan yang mencemari air sungai tersebut sudah melewati batas toleransi. Polutan itu adalah BOD, COD, SS, TS, DP, S, N, Cr, TDS, Fe, Ag, Pb, Bakteri, dan Lemak. Implikasi dari air sungai yang terpolusi secara tidak langsung menyebabkan alokasi pengeluaran masyarakat untuk keperluan penyembuhan penyakit akan bertambah, yaitu biaya rata-rata penyakit diare, penyakit kulit, dan penyakit lainnya (asma, demam berdarah, influenza, dan lain-lain).

METODOLOGI PENELITIAN

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data tersebut diperoleh dari Badan Pusat Statistik, Dinas Pertanian dan Kehewan Kotamadya Yogyakarta, dan data perusahaan dan dari penelitian-penelitian sebelumnya.

METODOLOGI PENELITIAN

Data

Metodologi penelitian yang digunakan adalah analisis biaya manfaat (*benefit cost analysis*). Analisis ini dimaksudkan untuk menilai secara sistematis terhadap seluruh manfaat dan biaya yang timbul sehubungan dengan adanya instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Kriteria yang digunakan untuk menilai manfaat secara sosial dan ekonomi yaitu :

1. Net Present Value (NPV)

NPV suatu proyek adalah selisih nilai sekarang (present value) arus manfaat dengan seluruh arus biaya.

Rumus NPV dinyatakan :

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{Bt - Ct}{(1+i)^t}$$

Dimana :

Bt = manfaat sosial bruto proyek pada tahun t

Ct = biaya bruto sehubungan dengan proyek pada tahun t

n = umur ekonomis proyek

i = tingkat diskonto ekonomi

Suatu proyek dikatakan layak atau bermanfaat untuk dilaksanakan bila memiliki nilai $NPV > 0$. Bila $NPV < 0$ maka proyek tersebut tidak dapat menghasilkan senilai biaya yang dikeluarkan.

2. Internal Rate of Return (IRR)

IRR adalah tingkat bunga yang membuat nilai NPV sama dengan nol.

$$\sum_{t=0}^n \frac{Bt - Ct}{(1+i)^t} = 0$$

Dimana :

Bt = manfaat sosial bruto proyek pada tahun t

Ct = biaya bruto sehubungan dengan proyek pada tahun t

Bt - Ct = net benefit

n = umur ekonomis proyek

i = IRR

Suatu proyek dikatakan layak apabila $IRR > i$ (tingkat diskonto ekonomi yang berlaku).

Dengan menggunakan kriteria diatas, maka dapat menganalisis apakah pengadaan IPAL yang dilakukan oleh perusahaan layak atau tidak.

GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

Ruang, Tanah, dan Lahan

PT Sari Husada berlokasi di Jalan Kusumanegara, Muja-muju, kecamatan Umbulharjo Jogjakarta. Batas-batas lokasi perusahaan adalah sebagai berikut:

- Sebelah Utara : jalan Kenari
- Sebelah Barat : pemukiman penduduk
- Sebelah Selatan : jalan Kusumanegara
- Sebelah Timur : jalan Kenari

Keuntungan letak perusahaan yang berada di pusat kota adalah bila ditinjau dari segi transportasi, baik untuk bahan dasar, karyawan, maupun hasil produksi akan sangat mudah. Luas tanah yang dimiliki PT Sari Husada adalah 2 hektar, sebagian ruang pabrik terletak di bagian bawah, hanya ruang kantor Direksi dan sekretariat berada di bagian lantai atas. Sekitar 250 meter

sebelah timur perusahaan terdapat Instalasi Pengolahan Air Limbah PT Sari Husada seluas 6520 meter persegi (saluran limbah ke IPAL tersebut melalui bawah tanah).

KEGIATAN INDUSTRI

Bahan Dasar dan Bahan Pembantu

Bahan dasar yang dimaksud adalah bahan utama penyusun hasil olahan berupa pungutan dalam usaha pertanian, peternakan, dan perikanan. Sebagai bahan dasar produk PT Sari Husada adalah susu segar (untuk pembuatan susu cair) dan skim milk powder untuk pembuatan susu bubuk. Susu segar yang digunakan di PT Sari Husada didapat dari dalam negeri yaitu dari para peternak sapi perah yang membentuk Koperasi Unit Desa (KUD) dan telah ditunjuk oleh pihak PT Sari Husada. Setiap harinya PT Sari Husada menerima susu sapi segar dari KUD wilayah Yogyakarta, Klaten, dan Purworejo yang tergabung dalam Gabungan Koperasi Susu Indonesia GKSI) sebanyak 50.000-60.000 liter. Bahan dasar lain adalah skim milk powder yang diimpor dari negara Selandia Baru. Skim milk powder merupakan susu sapi yang dilepaskan lemaknya dan dikeringkan, sehingga mengandung 1% lemak serta mengandung protein susu berupa kasein, laktalbumin, dan laktoglobulin. Sedangkan bahan pembantu dalam pembuatan produk PT Sari Husada adalah:

- Gula pasir; sebagai sumber karbohidrat yang memiliki sifat mudah larut dan diserap usus halus dengan rasa manis yang disukai

bayi. Merupakan bahan pembantu yang digunakan dalam pembuatan susu cair steril. Gula pasir didatangkan dari pabrik gula dalam negeri (rasanya manis namun tidak putih/bersih), dan dari luar negeri (Kuba) yang mempunyai rasa kurang manis tapi putih/bersih. Penggunaan gula pasir dari dalam negeri atau dari luar negeri disesuaikan dengan jenis produk yang akan dibuat.

- Minyak nabati; sebagai sumber lemak yang dapat dicerna oleh bayi. Merupakan campuran minyak kelapa dan minyak kacang yang telah dimurnikan (*refined*).
- Zat pemantap dan zat aroma (*flavour*); keduanya berfungsi untuk memantapkan nilai rasa dan aroma dari produk. Zat pemantap yang digunakan di PT Sari Husada biasanya didatangkan dari luar negeri. Zat perasa atau aroma digunakan agar susu cair steril memiliki rasa sesuai dengan apa yang dikehendaki.
- Vitamin, mineral, dan bahan kimia lainnya. Vitamin dan mineral didatangkan dari Amerika Serikat dan Jepang agar kemurniannya lebih terjamin. Digunakan dua macam vitamin, yaitu: vitamin yang larut dalam air: vitamin B1, B2, B6, B12, C, Nikotin Amide, dan Asam Pantotenat. Dan vitamin yang larut dalam minyak: vitamin A, D, E, dan K.
- Mineral yang digunakan berupa Kalsium, Fosfor, Magnesium,

Natrium, Kalium, Klorida, Besi, Seng, Tembaga, Mangan, Yodium, dan sebagainya. Juga terdapat Recordan CM yang berfungsi untuk stabilisator pada pembuatan susu steril rasa coklat.

Besarnya rendemen dari jumlah bahan dasar dan bahan pembantu (input) menjadi hasil produksi (output) adalah sebesar 95%.

Hasil Produksi

Produk-produk yang dihasilkan oleh PT Sari Husada adalah:

A. Produk Sendiri:

SGM (Susu Gula Minyak), SNM (Susu Nasi Minyak), LLM (Low Lactose Milk), Vitalac, SGM 2, Vitalac 2, FCMP, Lactamil, Vitanova, SGM Junior.

- #### B. Produk pesanan dan lisensi adalah:
- Milco Coklat (Merro), The melati (Mustika Ratu), Vitasari Jambu, Sirsak, dan Jeruk, Lipton Ice Tea, ABC rasa coklat, strawberry, vanilla, banana, fruit punch, dan mix fruit, Dumex SB (susu bayi), Dumex SL (susu lanjutan), Dumex SP (susu prestasi), Morinaga Chilmil, Morinaga BMT, Morinaga Chilmil, Nuticia CNF, Nuticia CNR, Nuticia CBA, Nuticia CBM, Nuticia CNB, Instant Birch Tree, Promina B, Promina C, Promina D, Promina E, Anchor.

Produk-produk tersebut di atas dipasarkan ke seluruh Indonesia melalui cabang-cabang PT Tigaka (sebagai agen resmi) di Jakarta, Bandung, Semarang, dan Surabaya.

Proses Produksi

Terdapat dua jenis produk PT Sari Husada yaitu yang berupa susu bubuk dan susu cair. Kedua jenis produk tersebut mengalami proses produksi yang agak berbeda.

Proses Produksi Susu Cair

Proses pembuatan susu cair di PT Sari Husada menggunakan suhu tinggi/*ultra high temperature* (UHT) dengan waktu yang pendek hingga diperoleh produk cair yang steril. Keuntungannya adalah memiliki umur simpan yang cukup lama karena dengan proses UHT dapat membunuh semua mikroorganisme, sedangkan perubahan yang mungkin timbul tergantung pada kondisi penyimpanan, kualitas bahan baku dan bahan pembantu. Proses pembuatan susu UHT dapat dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

1. Tahap RRP (Reception Recombine Pasteurisasi)
2. Tahap Sterilisasi
3. Tahap Filling (pengisian)
4. Tahap Packing (pengepakan)

Proses Produksi Susu Bubuk

Secara singkat proses pembuatan susu bubuk dibagi menjadi 3 tahap, yaitu:

1. Proses basah
2. Proses kering
3. Pengemasan

Penanganan Limbah Industri

Limbah merupakan bahan hasil aktivitas pabrik yang tidak bermanfaat lagi dan harus dibuang. Limbah PT Sari Husada berupa limbah padat, limbah gas, dan limbah cair. Ketiga limbah

tersebut perlu penanganan yang berbeda.

Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan oleh pabrik meliputi karton pengemas, kaleng, drum, plastik, dan sisa-sisa dari dapur. Cara penanganannya yaitu dengan cara pemilihan terlebih dahulu. Pemilihan limbah padat meliputi limbah yang masih dapat dimanfaatkan dan limbah yang sudah tidak dapat dimanfaatkan atau harus dibuang. Limbah yang masih dapat dimanfaatkan meliputi bahan pengemas, bubuk susu, karton bekas, drum, dan bahan lainnya yang masih dapat dijual. Limbah yang masih dapat dimanfaatkan ini masih dapat memberikan pemasukan yang tidak sedikit karena hampir semua limbah padat masih dapat digunakan. Misalnya bubuk susu yang tidak *diwork* dapat dijual kepada peternak untuk dijadikan sebagai campuran makanan ternak dan lain sebagainya. Sedangkan limbah yang sudah tidak dapat dimanfaatkan lagi langsung dibuang dan dalam hal ini pihak pabrik bekerja sama dengan DPU. Limbah padat yang tidak dapat dimanfaatkan ini setiap harinya jumlah kecil, biasanya berupa kertas, plastik bekas, dan daun-daun pepohonan di sekitar lingkungan pabrik.

Limbah Gas

Limbah gas banyak dihasilkan oleh mesin-mesin berbahan bakar solar, misalnya diesel dan mesin steam boiler. Untuk mengurangi dampak negatif dari asap-asap yang ditimbulkan mesin-mesin tersebut, maka dibuat cerobong asap dilewatkan

melalui saluran bawah tanah dengan tujuan supaya logam berat yang mungkin timbul tidak ikut terbuang sehingga membahayakan lingkungan. Limbah gas tidak begitu menimbulkan masalah karena gas yang ditimbulkannya tidak terlalu banyak sebagaimana pabrik-pabrik lainnya. Cerobong yang menjulang tinggi diharapkan asap yang terbuang langsung tersebar ke udara bebas sehingga tidak menimbulkan pencemaran udara di sekitar pabrik.

Limbah Cair

Limbah yang paling banyak mendapat perhatian oleh PT Sari Husda adalah limbah cair. Hal ini dikarenakan limbah cair banyak mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya bagi lingkungan hidup.

Penanganan limbah cair dilakukan oleh Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT Sari Husada. Limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik berasal dari sisa-sisa pembersihan serta sisa-sisa hasil produksi. Sebelum dibuang ke sungai Gajah Wong, limbah tersebut ditampung dalam kolam dan dilakukan pengenceran, air buangan yang tidak berbahaya langsung dialirkan ke sungai Gajah Wong, sedangkan air buangan yang berbahaya dilakukan pemrosesan terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai. Air buangan pabrik pada umumnya masih mengandung berbagai nutrisi yang memungkinkan tumbuhnya mikroba, baik yang bersifat racun maupun non racun. Oleh karena itu, penanganan limbah cair dilakukan secara khusus.

Sungai Gajah Wong digunakan untuk berbagai kegiatan baik dari

pemerintah maupun dari masyarakat di sepanjang sungai. Yang akan dianalisis dalam penelitian ini berhubungan dengan kegunaan air sungai Gajah Wong untuk mengairi persawahan di Kecamatan Umbulharjo dan Kotagede.

DESKRIPSI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PT SARI HUSADA

Latar Belakang

Limbah cair industri pengolahan susu tersusun oleh komponen-komponen zat yang kaya akan protein, lemak, dan mineral sehingga sangat mudah diuraikan oleh mikroorganisme menjadi senyawa-senyawa organik dan ammonia. Senyawa-senyawa hasil uraian tersebut bila kadarnya di atas nilai ambang batas akan dapat mengganggu dan mengakibatkan pencemaran terhadap badan air penerima buangan tersebut, sehingga harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air penerima.

Sejak tahun 1981 di PT Sari Husada sudah ada pengolah limbah yang bersifat sebagai pengencer supaya air limbah tidak terlalu pekat/putih. Air limbah sebelum dibuang ke sungai Gajah Wong pada malam hari, terlebih dahulu kadar/ konsentrasinya diturunkan dengan melalui pengenceran tersebut.

Sistem pengolahan air limbah yang lama tidak lagi memenuhi standar kriteria yang ditentukan bagi suatu sistem pengolahan yang memadai. Untuk mengolah air limbah susu dalam debit yang cukup besar, proses

penampungan dan pengendapan saja belum cukup untuk menghasilkan buangan limbah yang memenuhi standar effluent yang diijinkan. Oleh sebab itu perlu adanya suatu desain system pengolahan air limbah yang memadai, sehingga mampu menghasilkan limbah dengan karakteristik yang tidak membayakan bagi komponen lingkungan hidup lainnya.

Pada tahun 1991 instalasi pengolahan air limbah dibangun dengan berlokasi di pinggir sungai Gajah Wong sekitar 200 meter sebelah timur pabrik. Total biaya pengadaan instalasi pengolahan air limbah sekitar Rp 1.193.500,00. Instalasi ini selesai dibangun tahun 1992 dan mulai beroperasi tanggal 7 Januari 1992.

Sumber Limbah Cair Utama

Sumber limbah cair yang utama adalah dari kegiatan pembersihan alat-alat yang digunakan untuk proses produksi seperti tangki penampungan, pipa-pipa penghubung, pompa, *pre heater*, tangki pencampuran, *homogenizer*, dan *plate heat exchanger*. Pembersihan alat-alat tersebut dilakukan sebelum dan setelah proses melalui dua jalur, yaitu jalur basah dan jalur kering.

Urutan Penanganan Limbah Cair

Adapun urutan penanganan Limbah Cair adalah sebagai berikut;

1. Secara fisik dengan:
 - a. Penyaringan kotoran/sampah kasar
 - b. Pengambilan endapan Lumpur

2. Secara kimia dengan:
 - a. Netralisasi
 - b. Koagulasi
3. Secara biologis baik anaerob maupun aerob, menggunakan Lumpur aktif yang mengandung kumpulan (koloni) bakteri (massa mikroba).
4. Secara alamiah/gravitasi dengan mengendapkan Lumpur yang terbawa aliran dari pengolahan sebelumnya.

Alat-alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam instalasi pengolahan air limbah sebagai berikut:

1. Pipa pralon berdiameter 60 cm dengan tebal 4-5 cm untuk saluran air limbah dari pabrik yang tidak boleh bocor.
2. Bak kontrol dengan kapasitas 3 meter kubik untuk tempat diambilnya sampah padat/kasar yang dilengkapi pompa air dengan debit 650 liter per menit.
3. Bak equalisasi dengan kapasitas 200 meter kubik yang dilengkapi dengan mixer pengaduk dan 2 buah pompa air.
4. Bak netralisasi dengan kapasitas 8 meter kubik ditambah dengan mixer pengaduk serta pH meter yang dilengkapi dengan *doshing pump* untuk mengatur pH secara otomatis.
5. 4 buah bak anaerobic dengan kedalam 7,5 meter (kapasita 700 meter kubik) dilengkapi dengan *scraper* untuk menapis Lumpur yang mengambang di permukaan air supaya mengendap kembali serta pompa Lumpur.

6. 4 buah bak aerasi dengan kedalaman 4 meter berkapasitas 630 meter kubik yang dilengkapi dengan aerator type *air injection* dengan kapasitas oksigen 3 kg / kwh.
7. Bak sedimentasi dengan kapasitas 180 meter kubik dilengkapi dengan pompa lumpur untuk *recycle*.
8. 2 buah bak digester dengan kapasitas 380 meter kubik untuk *composting* Lumpur yang terjadi dari pengolahan sebelumnya.
9. Bak bio kontrol dengan kapasitas 12 meter kubik berisi ikan mas, tawes, dan sejenisnya sebagai indikator kondisi air olahan.
10. Rumah panel untuk menjalankan peralatan, kabel dan lampu-lampu penerang.
11. Pipa-pipa galvanis yang merupakan campuran aluminium dengan besi yang tidak mudah berkarat.
12. Pompa submersible untuk menguras bak dan memindahkan Lumpur.
13. Peralatan karyawan seperti sarung tangan, sepatu boots, helm, dan peralatan laboratorium seperti gelas ukur dan sebagainya.

Proses Kerja Instalasi Pengolahan Air Limbah

Limbah cair yang diperoleh dari cairan kondensat, air dari sisa pembersihan, processing, laboratorium, kamar mandi, cecceran minyak, dan sebagainya mengalir lewat saluran yang tersedia dan bercampur melewati saluran limbah menuju ke instalasi pengolahan air limbah yang berada di sebelah timur pabrik.

Selanjutnya air limbah masuk ke bak kontrol yang berfungsi untuk memisahkan kotoran-kotoran atau benda padat yang terbawa aliran limbah cair dari pabrik seperti plastik, ranting, daun, pasir dan benda padat lainnya yang bisa mengganggu aliran limbah cair pada tahap selanjutnya.

Dengan menggunakan pompa, air limbah dialirkan ke bak equalisasi. Fungsi bak ini selain menampung limbah cair dari bak kontrol juga menyeragamkan fluktuasi dari pH, COD, dan debit air limbah dengan cara diaduk. Debit limbah cair berkisar antara 250-650 meter kubik per hari. PH limbah cair berkisar 6,5-8. COD total berkisar 2000-4500 ppm, dan masa tinggal di bak equalisasi antara 8-12 jam. Lumpur yang terbentuk di equalisasi tidak boleh melebihi 30%, bila melebihi maka harus dikurangi dengan cara memompakan lumpur ke bak digester.

Kemudian air limbah dipompakan ke bak netralisasi. Bak ini berfungsi untuk mengatur pH agar dapat memenuhi persyaratan kondisi yang terbaik untuk proses anaerobic. Bak ini dilengkapi dengan pH meter yang terdapat alat *doshing pump*. Pengaturan pH dilakukan secara otomatis menggunakan *doshing pump* dengan cara menambahkan Asam Phospat untuk pH lebih dari 7 dan Natrium Hidroksida untuk pH kurang dari 7. setelah pH memenuhi persyaratan, limbah cair mengalir secara *over flow* melalui 4 pipa saluran ke 4 buah bak anaerobic.

Dalam bak anaerobic zat-zat organik yang terkandung dalam limbah cair diuraikan. System penguraian zat-zat organik yang terkandung dalam limbah cair ini menggunakan koloni/kumpulan bakteri (massa mikroba) yang terdapat dalam Lumpur anorganik (*sludge active*). Pada proses ini diharapkan mampu menurunkan COD hingga 70% dengan kandungan Lumpur aktifnya sekitar 25-30%. Bila kandungan Lumpur aktifnya melebihi batasan tersebut maka perlu dilakukan pengurangan Lumpur dengan cara dipompa ke bak digester dan sebaliknya bila kurang dari batasan tersebut maka perlu dilakukan penambahan Lumpur ke bak digester. Proses anaerobic ini berjalan secara kontinue dan masa tinggalnya antara 8-12 jam.

Tahap selanjutnya air limbah dipompakan ke dalam 4 bak aerasi yang berfungsi untuk menguraikan zat-zat organik yang masih tersisa dari proses anaerobic. Dalam proses ini mampu menguraikan atau menurunkan COD sebesar 80-90% dari sisa proses anaerobic. Sistem penguraian zat organik dalam proses aerobik menggunakan Lumpur aktif yang mengandung kumpulan (koloni) mikroba aerobik secara kontinyu. Untuk mendukung kehidupan mikroba, bak ini dilengkapi dengan aerator type "air injection" dengan kapasitas oksigen yang dihasilkan sebanyak 3 kg) 2 per kwh. Masa tinggal di bak aerasi ini antara 6-8 jam. Jumlah Lumpur aktif yang ada kurang lebih 10%, bila kurang maka perlu ditambah Lumpur dari bak sedimentasi.

Lumpur yang terbawa aliran dari bak aerasi diendapkan di bak sedimentasi. Masa tinggal di bak ini berkisar antara 4-6 jam dan system pengendapan di bak ini secara alamiah yaitu secara gravitasi. Lumpur yang terendapkan di bak ini sebagian *direct cycle* (sekitar 20%) ke bak aerasi (bila terjadi kekurangan Lumpur) dan sebagian lagi dipompa ke bak digester. Sedangkan cairan bening/jernihnya akan mengalir secara *over flow* ke bak bio kontrol.

Bak digester berfungsi sebagai compositing lumpur yang terjadi dari bak anaerobic, bak aerasi, dan bak sedimentasi. Karena bak ini kondisinya anaerobic maka disini terjadi proses dekomposisi dari sisa zat organik yang masih ada dan selanjutnya terjadi/terbentuk bio gas sehingga produksi Lumpur akibat pengolahan limbah ini dapat ditekan sekecil mungkin.

Dalam bak bio kontrol diberi ikan yang peka terhadap perubahan badan air sebagai tolok ukur dari keberhasilan proses pengolahan limbah cair, misalnya ikan mas, ikan tawes, dan lain-lain. Jadi fungsi dari bak ini adalah untuk mengetahui apakah effluent yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah cair telah layak atau belum untuk dibuang ke badan air (dalam kasus ini adalah sungai Gajah Wong). Jika terjadi kematian pada ikan-ikan tersebut berarti proses pengolahan limbah cair belum sempurna sehingga dengan demikian biota air akan terancam kelangsungan hidupnya. Untuk itu harus segera diperiksa apakah ada proses pengolahan yang salah atau bila perlu segera memeriksakan air tersebut ke

laboratorium BTKL Yogyakarta. DO air haru di atas 2, karena bila kurang dari 2 maka bakteri aerob akan mati.

Parameter Limbah Cair

Dalam pengolahan limbah cair selalu dilakukan pemantauan terhadap:

1. Potensi Hidrogen (pH)
Pengolahan limbah di PT Sari Husada termasuk di dalam golongan II yaitu aliran sungai yang dijadikan tempat pembuangan limbah cair digunakan untuk diolah menjadi air minum dan keperluan sehari-hari masyarakat, dengan nilai ambang pH-nya sebesar 6-9. Penentuan pH dengan menggunakan alat pH meter atau pH stick yang dilakukan setiap 1 jam sekali.
2. Total Padatan terlarut
Zat padat total meliputi padatan terlarut dan padatan tidak terlarut dalam air. Pengujiannya dilakukan di laborium, sedangkan nilai ambang baku mutu golongan II sebesar 2000 ppm.
3. Biochemical Oxygen Demand (BOD)
Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh suatu baktetri untuk dapat menguraikan hampir semua zat organik terlarut dan sebagian zat organik tersuspensi. Pengujian BOD dilakukan setiap 8 jam sekali. Nilai BOD = $0,65 \times$ COD, sehingga dengan demikian besarnya nilai BOD tergantung dari besarnya nilai COD.
4. Chemical Oxygen Demand (COD)
Angka COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidaasi secara kimiawi

bahan terlarut yang ada dalam sampel. Penguian COD dilakukan setiap 8 jam sekali dengan menggunakan cara mikro oven.

5. Oxygen terlarut (DO)
Oksigen terlarut dianalisis dengan metode titrasi Winkler. Pengujian ini dilakukan setiap 8 jam sekali.
6. Kadar Lumpur kasar
Penetapan kadar Lumpur kasar penting untuk mengevaluasi tingkat kekuatan pencemaran suatu limbah domestik. Tujuan penetapan ini adalah untuk mengetahui konsentrasi Lumpur dalam sample pada volume tertentu.

Dengan keenam parameter limbah cair ini, diharapkan telah dapat mewakili penanganan limbah cair sampai dihasilkan limbah yang tidak berbahaya bagi lingkungan.

ANALISIS DATA

Dalam bab ini akan disajikan dan dihitung data-data nilai manfaat dan biaya dari pengadaan sarana pengolahan limbah cair. Dalam penelitian ini, yang menjadi acuan adalah alternatif besarnya penurunan hasil produksi tanaman padi sawah, yang merupakan selisih antara besarnya hasil produksi dari usaha penanaman padi sawah di areal penelitian yang terhindar dari pencemaran dengan adanya sarana pengolah limbah, dengan besarnya hasil produksi sawah yang tercemar tanpa adanya sarana pengolah limbah ini.

Biaya-biaya yang Berhubungan dengan Pengadaan Sarana Pengolah Limbah Cair

Biaya-biaya yang berhubungan dengan pengadaan sarana pengolah limbah cair di PT. Sari Husada meliputi :

A. Biaya Pembangunan (1992)	Rp 1.193.500.000,00
B. Biaya Operasional dan Perawatan (1993)	Rp 116.760.000,00
C. Biaya Penambahan (1994)	Rp 24.810.000,00
D. Biaya Penambahan (1995)	Rp 20.600.000,00

Perincian dari total biaya tersebut adalah sebagai berikut :

A. Biaya Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (1992)		
1. Perencanaan dan Lumpur aktif	Rp	96.000.000,00
2. Manajemen konstruksi	Rp	22.500.000,00
3. Pembelian tanah milik penduduk (2.630 m ²) dan tanah wedi kengser (3.890m ²)	Rp	161.000.000,00
4. Bangunan perkantoran (89m ²) dan Instalasi Pengolahan Limbah (545m ²)	Rp	712.000.000,00
5. Peralatan laboratorium (termasuk listrik)	Rp	202.000.000,00
Total		Rp 1.193.500.000,00
B. Biaya Operasional		
1. Bahan-bahan kimia per hari	Rp	112.000,00
2. Analisa laboratorium per hari	Rp	33.000,00
3. Tenaga listrik 50Kva per hari	Rp	99.000,00
Jumlah	Rp	244.000,00
Jumlah per bulan (x 30)	Rp	7.320.000,00
4. Gaji tenaga pelaksana per bulan	Rp	2.100.000,00
Total		Rp 9.420.000,00
C. Biaya perawatan dan penggantian per bulan		
1. Maintenance peralatan/Ganti boshing	Rp	250.000,00
2. Minyak pelumas 20 liter	Rp	60.000,00
Total		Rp 310.000,00
D. Biaya Penambahan dan penggantian		
1. Penggantian Jet Pump (1994)	Rp	310.000,00
2. Penambahan 2 buah pompa air (1994)	Rp	1.750.000,00
3. Penambahan 3 buah aerator 5,5pk (1994)	Rp	18.000.000,00
4. Penambahan rumah panel listrik (1994)	Rp	4.750.000,00
5. Penambahan pompa submersible (1995)	Rp	2.600.000,00
6. Penambahan blower (1995)	Rp	18.000.000,00
Total		Rp 45.410.000,00
Total biaya operasional dan perawatan per bulan		Rp 9.730.000,00
Total biaya operasional dan perawatan per tahun		Rp 116.760.000,00

Manfaat-manfaat yang Berhubungan dengan Pengadaan Sarana Pengolah Limbah Cair.

Manfaat yang berhubungan dengan pengadaan sarana pengolah limbah cair meliputi manfaat langsung (*direct benefit*) dan manfaat terkait (*intangible benefit*). Sedangkan manfaat tidak langsung (*indirect benefit*) dari pengadaan sarana pengolah limbah ini belum ada, sehingga tidak dihitung. Manfaat-manfaat ini diperkirakan dengan asumsi "dengan proyek" dan "tanpa proyek".

Manfaat Langsung (*Direct Benefit*)

Manfaat langsung dari pengadaan sarana pengolah limbah cair yang akan

$$tb = \log \frac{T_1(T_3 - T_2)}{T_3(T_2 - T_1)}$$

$$6b = \log \frac{4377.5(2983 - 4213)}{2983(4213 - 4377.5)}$$

$$6b = 1.04$$

$$b = 0.17$$

diukur adalah nilai produksi gabah yang dapat diselamatkan dengan adanya pencemaran.

Langkah pertama adalah dengan menghitung nilai produksi padi dari areal sawah yang dapat terkena dampak bila terjadi pencemaran air limbah oleh perusahaan, yaitu areal persawahan di Kecamatan Kotagede.

Trend logistik dari usaha penanaman padi sawah di Kecamatan Kotagede selama umur proyek. Data yang digunakan mulai tahun 1987.

Perhitungan persamaan trend logistik kuantitas (kw) per ha dari usaha penanaman padi sawah di Kecamatan Kotagede adalah sebagai berikut :

$$a = \log \frac{T_1 - T_2}{(10^{tb} \cdot T_2) - T_1}$$

$$a = \log \frac{4377.5 - 4213}{(10^{1.04} \cdot 4213) - 4377.5} = -2.4$$

$$k = T_1 (1 + 10^a)$$

$$k = 4377.5 (1 + 10^{-2.4})$$

$$= 4394.71$$

Tabel 2.

Kuantitas (kg) per ha dari Usaha Penanaman Padi Sawah di Kecamatan Kotagede Tahun 1987 - 2000

Tahun	X	Kotagede		Titik
		Luas (ha)	Produksi (kg)	
1987	0	85	4377.5	T ₁ =(0,4377.5)
1988	1	77	4220	
1989	2	70	4053	
1990	3	75	4395	
1991	4	69	4088	
1992	5	69	4206	T ₂ =(6,4213)
1993	6	75	4213	
1994	7	68	4190	
1995	8	67	4010	
1996	9	53	3231	
1997	10	48	3002	T ₃ =(12,2983)
1998	11	59	3640	
1999	12	52	2983	
2000	13	40	2265	

Sumber : Dinas Pertanian dan Kehewanan Kotamadya Yogyakarta 2001

maka persamaan trend logistik adalah

$$Y' = \frac{k}{(1 + 10^{a+bx})}$$

$$Y' = \frac{4394.71}{(1 + 10^{-2.4+0.17X})}$$

Dari persamaan di atas didapatkan hasil perkiraan kuantitas (kg) per ha dari usaha penanaman padi sawah di Kecamatan Kotagede tahun 2001 – 2010.

Tabel 3.
Perkiraan kuantitas (kg) per ha dari Usaha Penanaman Padi Sawah di Kecamatan Kotagede Tahun 2001 – 2010

Tahun	X	Kuantitas (kg/ha) atau Y'
2001	15	2142.06
2002	16	1711.57
2003	17	1317.02
2004	18	980.19
2005	19	709.65
2006	20	502.78
2007	21	350.48
2008	22	241.45
2009	23	164.96
2010	24	112.04

Nilai produksi gabah yang terselamatkan (Rp) dari irigasi selama umur proyek adalah hasil perkalian dari kuantitas (kg) per ha pada usaha penanaman padi sawah di Kecamatan Kotagede (X), luas areal panen dari areal sawah yang terdapat di Kecamatan Kotagede, dimana luas ar-

eal yang ditanami padi sawah (Y), dan harga dasar gabah (Z) selama umur proyek yang telah ditetapkan oleh pemerintah di tingkat KUD.

Langkah pertama adalah mencari trend dari harga dasar gabah yang ditetapkan oleh pemerintah tersebut.

Tabel 4.
Perhitungan Trend Harga Dasar Gabah

Tahun	Harga (Rp/kg) atau Y	X	X ²	XY
1987	214	-13	169	-2782
1988	261	-11	121	-2871
1989	266	-9	81	-2394
1990	288	-7	49	-2016
1991	320	-5	25	-1600
1992	336	-3	9	-1008
1993	311	-1	1	-311
1994	394	1	1	394
1995	466	3	9	1398
1996	484	5	25	2420
1997	533	7	49	3731
1998	981	9	81	8829
1999	1234	11	121	13574
2000	1037	13	169	13481
Jumlah	7125		910	30845

Sumber: Sapuan, Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Margin Pemasaran Beras di Indonesia, UGM, YK, 1991, hal. 375

Perhitungan trend :

$$a = \sum Y_i / n$$

$$= 7125 / 14$$

$$= 508.93$$

$$b = \sum X_i Y_i / \sum X_i^2$$

$$= 30845 / 910$$

$$= 33.89$$

Tabel 5.
Perkiraan Harga Dasar Gabah Tahun 2001 – 2010

Tahun	X	(Rp/Kg)
2001	15	1085.15
2002	17	1152.94
2003	19	1220.74
2004	21	1288.53
2005	23	1356.32
2006	25	1424.11
2007	27	1491.90
2008	29	1559.69
2009	31	1627.48
2010	33	508.93

maka, persamaan trend harga gabah selama umur proyek maka dapat dasar gabah adalah ditentukan nilai dan perkiraan nilai

$$Y = 508.93 + 33.89 X$$

produksi gabah (Rp.) dari areal irigasi.

Dengan menggunakan harga dasar

Tabel 6.
Nilai dan perkiraan Nilai Produksi Gabah
Dari Areal Irigasi Dengan Menggunakan Harga Dasar Gabah
Tahun 1993 - 2010

Tahun	X	Y	Z	Nilai produksi gabah
1993	4213	75	311	98268225
1994	4190	68	394	112258480
1995	4010	67	466	125200220
1996	3231	53	484	82881612
1997	3002	48	533	76803168
1998	3640	59	981	210679560
1999	2983	52	1234	191413144
2000	2265	40	1037	93952200
2001	2142.06	40	1085.15	2642672253
2002	1711.57	40	1152.94	3348666211
2003	1317.02	40	1220.74	3961261784
2004	980.19	40	1288.53	4114801397
2005	709.65	40	1356.32	4531835271
2006	502.78	40	1424.11	8341604545
2007	350.48	40	1491.90	10493536999
2008	241.45	40	1559.69	8818724874
2009	164.96	40	1627.48	3754433985
2010	112.04	40	508.93	3754433985

Nilai Manfaat dan Biaya

Secara ringkas, total nilai manfaat dan biaya yang dihasilkan dari

pengadaan sarana pengolahan limbah dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 7.
Total Nilai Manfaat Dan Biaya Yang Dihasilkan

Tahun	Total Manfaat	Total Biaya (dalam jutaan rupiah)
	Berdasarkan harga dasar gabah	
1992	-	1193.50
1993	98268225	116.76
1994	112258480	141.57
1995	125200220	137.36
1996	82881612	116.76
1997	76803168	116.76
1998	210679560	116.76
1999	191413144	116.76
2000	93952200	116.76
2001	2642672253	116.76
2002	3348666211	116.76
2003	3961261784	116.76
2004	4114801397	116.76
2005	4531835271	116.76
2006	8341604545	116.76
2007	10493536999	116.76
2008	8818724874	116.76
2009	3754433985	116.76
2010	3754433985	116.76

Analisis Kelayakan

Berdasarkan harga dasar gabah

$$NPV = \sum P V \text{ Manfaat} - \sum PV \text{ Biaya}$$

- $i = 12\%$ $NPV = 9881674371$
- $i = 24\%$ $NPV = 1714497456$
- $i = 40\%$ $NPV = -568137849.3$

IRR

IRR terletak diantara discount rate yang memberikan nilai NPV positif dan NPV negatif.

$$IRR = i' \frac{NPV'}{NPV' - NPV''} (i'' - i')$$

$$IRR = 40\% \frac{1714497456}{1714497456 - 568137849.3} (16\%)$$

$$= 52\%$$

Dari hasil perhitungan diperoleh IRR sebesar 52% dan nilai tersebut lebih besar daripada SDR (12%), sehingga proyek tersebut layak untuk dilaksanakan.

Analisis Sensitivitas

Berdasarkan harga dasar gabah

- a. Alternatif I, yaitu penurunan hasil usaha penanaman padi sawah sebesar 20 % bila terjadi pencemaran.

$$NPV = \sum P V \text{ Manfaat} - \sum PV \text{ Biaya}$$

- $i = 12\%$ $NPV = 7490456991$
- $i = 24\%$ $NPV = 1032235424$
- $i = 30\%$ $NPV = - 3340427.7$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai NPV yang negatif pada $i = 30\%$, sehingga proyek layak untuk dilaksanakan pada discount rate 12% dan 24%

- b. Alternatif II, yaitu penurunan hasil usaha penanaman padi sawah sebesar 50% bila terjadi pencemaran.

· NPV

$$NPV = \sum P V \text{ Manfaat} - \sum PV \text{ Biaya}$$

- $i = 12\%$ NPV = 3903630920
- $i = 24\%$ NPV = 8842377.56
- $i = 25\%$ NPV = - 124692594.6

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai NPV pada tingkat bunga 25% adalah negatif, sehingga proyek tidak layak untuk dilaksanakan.

Hasil Perhitungan

Secara ringkas, hasil perhitungan analisis manfaat biaya dengan menggunakan kriteria investasi di atas dapat dilihat pada tabel berikut ini :

NPV Berdasarkan Harga Dasar Gabah

Analisis Sensitivitas

- a) Alternatif I (penurunan hasil usaha penanaman padi sawah sebesar 20% bila terjadi pencemaran)

Discount Rate	Net Present Value (NPV)
$i = 12\%$	9881674371
$i = 24\%$	1714497456
$i = 40\%$	-568137849.3

- b) Alternatif II (penurunan hasil usaha penanaman padi sawah sebesar 50% bila terjadi pencemaran).

Discount Rate	Net Present Value (NPV)
$i = 12\%$	7490456991
$i = 24\%$	1032235424
$i = 30\%$	-3340427.7

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pengadaan instalasi pengolah air limbah di PT Sari Husada layak secara ekonomi. Hal ini berarti proyek tersebut

dapat terus dilaksanakan sampai umur ekonomis proyek, dan proyek tersebut dapat memberikan manfaat yang besar kepada masyarakat. Dengan menggunakan kriteria investasi berdasarkan harga dasar gabah didapatkan IRR sebesar 52%, lebih besar daripada SDR (12%). Selama IRR lebih besar daripada tingkat SDRnya maka proyek pengadaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) seyogyanya dilaksanakan, karena para investor bersedia menanamkan modalnya ke dalam perusahaan tersebut.

Dari analisis sensitivitas berdasarkan harga dasar gabah, pada alternatif I yaitu penurunan hasil usaha penanaman padi sebesar 20% bila terjadi pencemaran, didapatkan nilai NPV yang positif pada tingkat bunga 12% dan 24%. Sedangkan pada alternatif II yaitu penurunan hasil usaha penanaman padi sebesar 50% bila terjadi pencemaran, didapatkan hasil bahwa proyek menjadi tidak layak untuk dilaksanakan pada tingkat bunga lebih dari 25% karena NPV bernilai negatif. Artinya, manfaat yang dihasilkan proyek tersebut lebih kecil daripada biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan, sehingga proyek tersebut dipandang tidak efisien. Hal ini mengakibatkan para investor tidak akan melaksanakan proyek tersebut, karena para investor akan lebih percaya bila dana tersebut diinvestasikan ke proyek lain atau memasukkan dana tersebut ke bank.

Saran

- ◆ Perusahaan diharapkan untuk terus melakukan upaya pengendalian lingkungan dan dapat menekan pencemaran limbah cair sesuai dengan baku mutu limbah cair yang telah ditetapkan oleh pemerintah, yaitu dengan terus mempertahankan efisiensi dan efektifitas sarana pengolahan limbah cair. Upaya yang dapat dilakukan antara lain adalah dengan cara menyesuaikan kapasitas dan teknik pengolahan limbah cair dengan perkembangan perusahaan dan

karakteristik limbah yang dihasilkan.

- ◆ Perusahaan hendaknya dapat menerapkan prinsip *cleaner production* atau prinsip eko-efisiensi, yaitu pengintegrasian antara efisiensi ekonomi dan efisiensi ekologi. Penerapan prinsip eko-efisiensi dan ekologi industri akan memberi peluang yang besar untuk melaksanakan proses industrialisasi yang menuju pada pembangunan yang ramah lingkungan, penurunan biaya produksi, dan meningkatkan daya saing di pasar global.

DAFTAR PUSTAKA

- A Tresna Sastrawijaya. 1991. *Perencanaan Lingkungan*. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- Bambang Hariono, *Berbagai Masalah Pencemaran Logam Berat di Lingkungan Kita, dalam Manusia dan Lingkungan*, No.15 Th.V, 1998, PPLH, UGM, YK, Hal.37
- Wisnu Arya Wardhana. 1995. *Dampak Perencanaan Lingkungan*. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta.
- Badan Pusat Statistik, *Kotamadya Yogyakarta dalam Angka 2001*.
- Biro BKLH Setwilda Propinsi DIY, *Program Kali Bersih (Prokasih) Propinsi DIY Tahun 1992-1993*.
- Biro Bina Lingkungan Hidup Setwilda Propinsi DIY, *Laporan Pemantauan Air Sungai: Kualitas dan Kuantitas Sungai Winongo, Code, dan Gajah Wong tahun 1994/1995*.
- Pemerintah Propinsi DIY, *Laporan Pelaksanaan Prokasih tahun 1998/1999 Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*.