Kerangka Teori Pembangunan dan Biaya Pengelolaan LimbahIndustri Tekstil Secara Terpadu

Surna T. Djajadiningrat
Agus Syafardi

Pendahuluan

Perkembangan industri di Indonesia saat ini telah mencapai tingkat yang sangat pesat sesuai dengan era industrialisasi yang dicanangkan dalam program Pembangunan Nasional. Perkembangan industri yang sangat pesat ini akan memberikan tekanan yang sangat berat bagi lingkungan hidup, yaitu dalam bentuk pencemaran air limbah industri. Kerusakan lingkungan yang parah terutama lingkungan perairan dapat berlangsung apabila air limbah tersebut tidak dikelola dengan baik. Berbagai teknik telah dikembangkan untuk mengolah air limbah industri tertentu untuk memperoleh limbah yang dapat dibuang ke perairan terbuka tanpa kekhawatiran timbulnya dampak negatif di dalam lingkungan perairan tersebut.

Karakteristik air limbah industri sangat bervariasi antara satu jenis industri dengan yang lainnya menurut jenis produk yang dihasilkan, bahan baku yang dipergunakan serta proses produksi yang diaplikasikan sehingga teknik-teknik yang telah dikembangkan tersebut tidak dapat digunakan secara umum, artinya setiap teknik hanya dapat digunakan untuk jenis air limbah industri tertentu saja.

Industri tekstil merupakan salah satu andalan ekspor nasional yang kalau tidak dikelola limbahnya dengan baik akan menimbulkan dampak negatif yang dapat menghambat laju pembangunan. Tulisan ini menyajikan kerangka teori suatu kegiatan pengolahan limbah industri tekstil secara terpadu beserta penghitungan biayanya.

Teknik Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil

Proses pengolahan air limbah industri tekstil memerlukan 3 tahap proses pengolahan, yaitu:

a. Pengolahan Primer
b. Pengolahan Sekunder
c. Pengolahan Tersier

Pengolahan primer terdiri dari pengolahan secara fisik dan kimiawi, yaitu dengan koagulasi-flokulasi menggunakan $Ca(OH)_2$, $FeSO_4$ sebagai koagulan utama dan menghasilkan warna, kadang-kadang ditambahkan kuriflok (PA-322) sebagai koagulan pembantu. Pengolahan secara kimia terutama ditujukan untuk menghasilkan warna yang pekat pada air limbah tekstil, penyisihan COD, BOD, SS dan penyisihan kandungan beberapa

logam berat seperti Zn, Cr, Pb dan Hg. Setelah melalui unit koagulasi-flokulasi, air limbah diendapkan pada bak pengendap I, bila konsentrasi COD pada air limbah masih tinggi, maka selanjutnya air limbah melalui pengolahan sekunder dengan Activated Sludge Conventional. Selanjutnya bila COD air limbah masih lebih besar dari 200 mg/l, maka air limbah harus melalui pengolahan tersier, yaitu dengan filtrasi karbon aktif. Sedangkan lumpur dari bak pengendap I dan bak pengendap II dikeringkan pada bak pengering lumpur. Unit-unit pengolahan sekunder terdiri dari; bak erosi dan bak pengendap II (Clarifer, horizontal flow) dan terakhir bak filter karbon aktif sebagai pengolahan tersier. Sedangkan pengolahan lumpur menggunakan Slugde drying bed.

Pengembangan Teknik Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil

Berdasarkan hasil penelitian Puslitbang Pengairan Departemen Pekerjaan Umum teknik pengolahan air limbah industri tekstil tersebut dilakukan dengan 3 tahap proses pengolahan sebagai berikut :

a. Pengolahan secara fisik
b. Pengolahan secara kimia
c. Pengolahan secara biologi

Proses pengolahan secara fisik diperlukan untuk penyisihan bahan-bahan kasar yang mungkin terbawa dalam saluran pengumpul dan penyisihan lemak. Adapun unit-unit pengolahan fisik yang digunakan sebagai berikut :

1. Bar screen
2. Grit chamber
3. Oil catcher
4. Kolam ekualisasi dengan Pre aeration

Dari kolam ekualisasi air limbah dipompakan dengan pompa submersible ke bangunan pengolahan kimia, yang diperlukan untuk penyisihan warna dan TSS yang dominan, logam berat, BOD dan COD.

Unit-unit pengolahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

5. Unit koagulasi
6. Unit flokulasi
7. Unit sedimentasi
8. Unit pengolahan lumpur kimia (Sludge drying bed)
9. Unit netralisasi.

Sedangkan koagulan yang digunakan adalah $Ca(OH)_2$ dan $FeSO_4$, karena kandungan BOD dan COD belum memenuhi baku mutu air limbah yang ditetapkan, maka selanjutnya efluen dari pengolahan kimia diolah kembali pada unit pengolahan biologi sebagai berikut :

10. Bak kontak - stabilisasi
11. Bak pengendap II
12. Unit pengolahan lumpur biologi :
    - Sludge thickener
    - Sludge belt press

Kemudian efluen dari instalasi dibuang ke sungai Citarum. Bila ditinjau dari sistem dan proses pengolahan, yaitu dengan **pengolahan secara biologi dengan bak kontak-stabilisasi** untuk

pengolahan air limbah secara gabungan, hal ini merupakan Pilot plant, karena sebelumnya yang banyak digunakan adalah **Activated Sludge Conventional.**

Efisiensi pengolahan yang dihasilkan instalasi ini, berdasarkan hasil pengolahan sampel air pengolahan kimia pada instalasi pilot di laboratorium mencapai 86 % dengan efluen yang dihasilkan sebagai berikut :

- Warna = 25 unit Pt-Co
- BOD = (16,5 - 25)mg/l
- COD = 120 - 140 mg/l
- NH_4^+ = 0 mg/l

Jadi memenuhi baku mutu air limbah yang ditetapkan KEPMEN KLH No. : KEP-03/MENKLH/II/1991.

Konsep Pengendalian Pencemaran Air Secara Gabungan

Pada umumnya konsep pengendalian pencemaran air secara gabungan (cluster, diterapkan pada limbah domestik kota-kota besar. Limbah domestik tersebut dikumpulkan melalui jaringan pengumpul air limbah yang dapat melayani seluruh atau sebagian penduduk kota, kemudian disalurkan ke penampungaan dan pengolahan air limbah secara gabungan. Adapun maksud dari sistem tersebut adalah untuk memperkecil jumlah fasilitas yang disediakan dan mempermudah di dalam pengolahaannya.

Konsep cluster tersebut selain untuk menangani limbah domestik, dapat pula diterapkan pada setiap daerah industri yang telah tumbuh dan berkembang maupun bagi industri baru. Sebelum diterapkan sistem ini, masih perlu dikaji melalui studi kelayakan mengenai biaya yang diperlukan untuk membangun sarana pengendalian pencemaran air secara gabungan atau secara individu.

Selain itu perlu dipelajari sistem pengelolaanya, ada beberapa hal dimana konsep cluster ini dapat dipertimbangkan pemakaiannya di daerah-daerah industri terutama di Pulau Jawa. Hal-hal yang dapat mendukung konsep cluster adalah sebagai berikut :

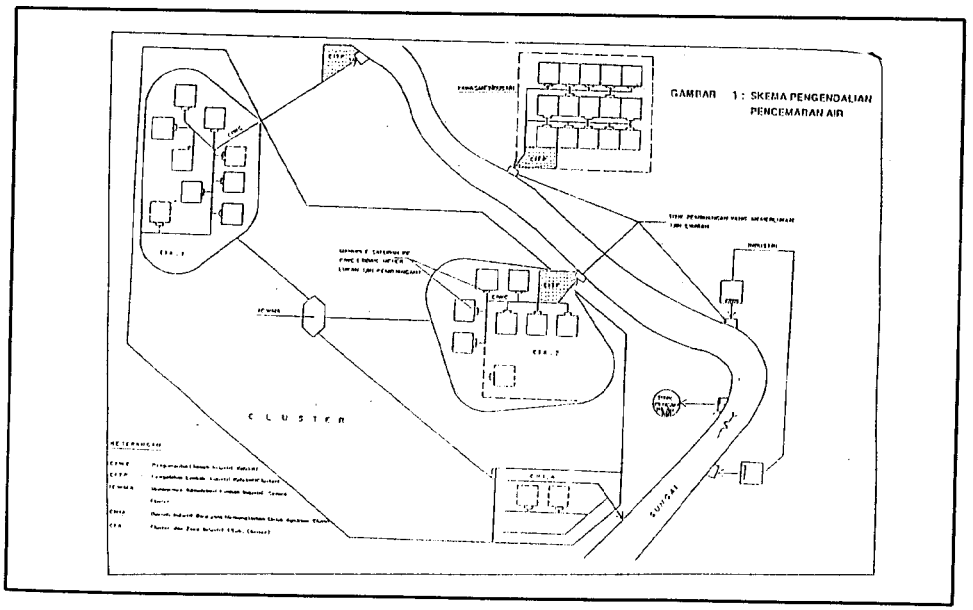
a. Pada umumnya pemerintah daerah telah menetapkan kawasan industri, sehingga industri tersebut cenderung dibangun pada daerah tertentu, sehingga dapat memudahkan dalam pembangunan sarana pengendalian pencemaran air.
b. Terdapat industri yang menghasilkan sumber pencemar yang besar, sehingga telah menyebabkan tercemarnya sumber air dan mengganggu pemanfaatan air terutama sumber air minum, apabila masalah ini tidak segera ditanggulangi dapat menyebabkan berbagai dampak yang lebih luas.
c. Hanya beberapa industri yang mempunyai fasilitas pengolahan air limbah dan pada umumnya pengolahan tersebut tidak dioperasikan.
d. Pada umumnya proses teknologi yang digunakan oleh industri kurang memadai, sehingga air limbahnya masih mempunyai derajat pencemaran yang tinggi.

e. Kesadaran dari industri-industri tersebut didalam melaksanakan penanggulangan pencemaran yang sesuai dengan peraturan yang berlaku masih kurang.

Penjelasan seluruhnya mengenai konsep cluster. Pada Gambar 1 memberikan penjelasan mengenai konsep cluster. Pada bagian atas sebelah kanan kawasan industri (industrial estate). Daerah industri memberikan pelayanan berupa keamanan, air bersih, pengumpulan air limbah untuk setiap anggotanya. Setiap anggota di kawasan industri tersebut akan mendapat pelayanan seperti disebutkan di atas dan mengetahui berapa biaya pelayanan tersebut. Apabila penanggulangan air limbah secara kolektif diberikan, demikian pula aturannya mengenai pengolahan awal di tiap industri, biayanya sudah diketahui dari awal sehingga setiap industri, dalam kawasan tersebut dibawah satu aturan. Konsep cluster seperti ini dilakukan di Surabaya Industrial Estate - Rungkut (SIER).

Pada sebelah kanan dari sungai (Gambar 1), ada dua industri berdiri secara individual. Mereka bukan merupakan kawasan industri, dan juga tidak berdekatan satu sama lain, sehingga penanggulangan air limbahnya harus dilakukan secara individu atau sendiri-sendiri.

Pada daerah di sebelah kiri sungai (Gambar 1) terlihat dua kelompok pabrik, kelompok tersebut akan dinamakan "Cluster". Industri dalam cluster ini tergan-



Gambar 1. SKEMA PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR

tung satu sama lain dalam pelayanan. Kerjasama tidak ada, tidak adanya koordinasi secara terpusat ini membedakan antara kawasan industri dengan cluster.

Apabila secara ekonomis lebih memungkinkan sistem secara terpusat maka pembentukan Manajemen Administrasi Penanggulangan Limbah Industri secara terpusat diharuskan. Badan ini akan bertanggung jawab terhadap pengoperasian, pengumpulan retribusi dari industri-industri dan berusaha memenuhi segala peraturan mengenai lingkungan dan badan ini dapat menanggulangi lebih dari satu cluster.

Sistem pengendalian air secara kolektif mempunyai keuntungan berupa pengurangan biaya dan kemungkinan dalam operasional. Keuntungan tersebut datang dari pengurangan biaya kontruksi pengolahan air limbah, sistem pengumpulan dan biaya pemeliharaan dan operasi. Apabila jumlah air limbah yang harus dikumpulkan berlipat dua kali maka biaya kontruksi dari sistem pengumpulannya tidak akan berlipat dua, akan tetapi bertambah satu pertiganya atau setengahnya. Berlipatnya ukuran dari sistem pengolahannya mungkin biayanya akan bertambah sebanyak 60 - 70 % nya, demikian pula halnya jumlah dari staff, tidak akan bertambah dua kali apabila sistem tersebut berlipat dua kali, mungkin staf adiminstrasi dan laboratorium maupun sarjananya akan bertambah setengahnya.

Perkiraan fungsi untuk pengolahan air limbah mempunyai bentuk umum sebagai berikut :

$$Y = a.Q^b$$

dimana :

Y = Biaya instalasi pengolahan air limbah
Q = Kapasitas instalasi pengo lahan
b = Skala ekonomi (Q < b 1)
a = Konstanta biaya

Dimana a merupakan konstanta yang mempunyai nilai (rupiah), dan dan b adalah eksponen sebagai ukuran indeks ekonomi yang mempunyai nilai selalu lebih kecil dari satu. Apabila nilai ini turun, biaya untuk penambahan unit dari kapasitas pengolahan air limbah akan turun.

Contoh yang diberikan pada gambar 2, menggambarkan berapa biaya yang dapat dihemat dalam membangun satu instalasi pengolahan air limbah secara terpusat dibandingkan dengan membangun beberapa pengolahan air limbah yang kecil. Diasumsikan cluster kecil yang terdiri dari empat industri dan mempunyai debit secara berturut 2,4,6 dan 10 unit.

Biaya untuk membangun empat sistem pengolahan air limbah yang kecil adalah 17,55 unit uang. Apabila kita membangun satu pengolahan air limbah dengan kapasitas untuk menanggulangi limbah gabungan dari empat industri tersebut, biaya hanya 11,19 unit uang. Penghematan ini akan terjadi juga dalam biaya pengoperasian pengolahan air limbah secara terpusat dan dapat digu-

tung satu sama lain dalam pelayanan. Kerjasama tidak ada, tidak adanya koordinasi secara terpusat ini membedakan antara kawasan industri dengan cluster.

Apabila secara ekonomis lebih memungkinkan sistem secara terpusat maka pembentukan Manajemen Administrasi Penanggulangan Limbah Industri secara terpusat diharuskan. Badan ini akan bertanggung jawab terhadap pengoperasian, pengumpulan retribusi dari industri-industri dan berusaha memenuhi segala peraturan mengenai lingkungan dan badan ini dapat menanggulangi lebih dari satu cluster.

Sistem pengendalian air secara kolektif mempunyai keuntungan berupa pengurangan biaya dan kemungkinan dalam operasional. Keuntungan tersebut datang dari pengurangan biaya kontruksi pengolahan air limbah, sistem pengumpulan dan biaya pemeliharaan dan operasi. Apabila jumlah air limbah yang harus dikumpulkan berlipat dua kali maka biaya kontruksi dari sistem pengumpulannya tidak akan berlipat dua, akan tetapi bertambah satu pertiganya atau setengahnya. Berlipatnya ukuran dari sistem pengolahannya mungkin biayanya akan bertambah sebanyak 60 - 70 % nya, demikian pula halnya jumlah dari staff, tidak akan bertambah dua kali apabila sistem tersebut berlipat dua kali, mungkin staf adiminstrasi dan laboratorium maupun sarjananya akan bertambah setengahnya.

Perkiraan fungsi untuk pengolahan air limbah mempunyai bentuk umum sebagai berikut :

$$Y = a.Q^b$$

dimana :

Y = Biaya instalasi pengolahan air limbah
Q = Kapasitas instalasi pengolahan
b = Skala ekonomi (Q < b 1)
a = Konstanta biaya

Dimana a merupakan konstanta yang mempunyai nilai (rupiah), dan dan b adalah eksponen sebagai ukuran indeks ekonomi yang mempunyai nilai selalu lebih kecil dari satu. Apabila nilai ini turun, biaya untuk penambahan unit dari kapasitas pengolahan air limbah akan turun.

Contoh yang diberikan pada gambar 2, menggambarkan berapa biaya yang dapat dihemat dalam membangun satu instalasi pengolahan air limbah secara terpusat dibandingkan dengan membangun beberapa pengolahan air limbah yang kecil. Diasumsikan cluster kecil yang terdiri dari empat industri dan mempunyai debit secara berturut 2,4,6 dan 10 unit.

Biaya untuk membangun empat sistem pengolahan air limbah yang kecil adalah 17,55 unit uang. Apabila kita membangun satu pengolahan air limbah dengan kapasitas untuk menanggulangi limbah gabungan dari empat industri tersebut, biaya hanya 11,19 unit uang. Penghematan ini akan terjadi juga dalam biaya pengoperasian pengolahan air limbah secara terpusat dan dapat digu-

nakan pula untuk membangun sistem pengumpulan.

Gambar 2.
PERBANDINGAN BIAYA KONTRUKSI ANTARA CLUSTER DAN INDIVIDU

Biaya Instalasi Pengolahan :

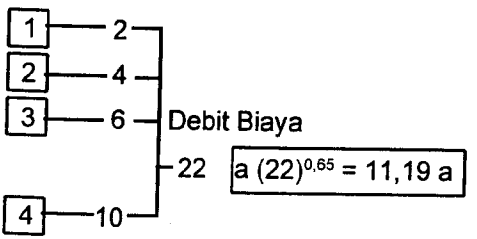
$Y = aQ^{0,65}$
a = Konstanta
q = Debit

1. Contoh 4 industri mengolah secara individu

	Debit	Biaya	
1	2	$a\,(2)^{0,65}$ =	1,57 a
2	4	$a\,(2)^{0,65}$ =	2,46 a
3	6	$a\,(2)^{0,65}$ =	3,20 a
4	10	$a\,(2)^{0,65}$ =	4,55 a

Jumlah = 17,55 a

2. Contoh mengolah secara Cluster



Penghematan = 6,36 a

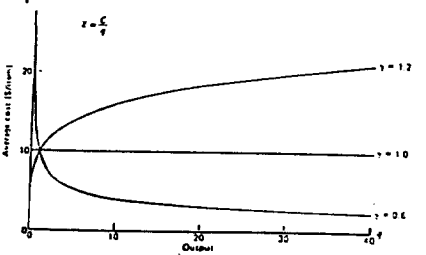
Perhitungan Biaya Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah

Perhitungan biaya pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan prinsip skala ekonomi.

Skala ekonomi didefinisikan sebagai suatu kondisi dimana terjadi penurunan biaya rata-rata terhadap pertambahan produksi. Untuk lebih jelasnya skala ekonomi dapat dilihat pada fungsi biaya terhadap fungsi kapasitas di bawah ini. Skala ekonomi (b) dinyatakan sebagai kenaikan biaya terhadap kenaikan kapasitas produksi :

$$b = \frac{dc/C}{dq/Q}$$

Output



Gambar 3 : Kurva Skala Ekonomi Terhadap Biaya Rata-rata

Jadi skala ekonomi terjadi antara 0 - 1, karena penurunan biaya rata-rata terjadi bila $dc/C < dq/Q$. Peningkatan kapasitas produksi akan makin ekonomis bila skala ekonomi mendekati 0.

Penerapan skala ekonomi, khususnya untuk Instalasi Pengolahan Air Lim-