

PENYISIHAN FRAKSI TOTAL SUSPENDED SOLID AIR LIMBAH INDUSTRI PADA UNIT SEDIMENTASI BERDASARKAN TIPE FLOCCULENT SETTLING

Allen Kurniawan dan Yanuar Chandral Wirasembada

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

E-mail: allen.kurniawan@gmail.com

ABSTRAK

Pada perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), unit sedimentasi merupakan salah satu unit utama untuk mereduksi polutan air limbah, seperti Total Suspended Solid (TSS). Pengembangan dan modifikasi unit sedimentasi perlu ditindaklanjuti terhadap perubahan konsentrasi dari unit terdahulu, misalnya koagulasi-flokulasi. Penelitian ini dirancang untuk menentukan persentase penyisihan TSS skala laboratorium berdasarkan tipe flocculent settling sehingga persentase penyisihan TSS, nilai waktu detensi, dan overflow rate dapat diprediksi berdasarkan kondisi karakteristik air limbah terkini. Metode penelitian dilakukan berdasarkan pengujian konsentrasi TSS air limbah hasil proses koagulasi-flokulasi pada beberapa titik sampling per satuan waktu. Variasi persentase penyisihan adalah 10, 20, 30, 40, 50, 60, dan 70%. Berdasarkan kurva isokonsentrasi, total penyisihan fraksi penyisihan terhadap nilai variasi persentase penyisihan adalah 42,49; 56,79; 63,74; 70,43; 75,57; 78,21; 82,86%. Nilai tersebut menjadi acuan terhadap penentuan waktu detensi dan overflow rate unit sedimentasi.

Kata kunci: flocculent settling, fraksi total suspended solid, overflow rate, waktu detensi.

PENDAHULUAN

Sedimentasi merupakan proses penyisihan secara gravitasi massa jenis padatan yang lebih besar dari massa jenis fluida (Lin, 2004). Proses pemisahan padatan tersuspensi dalam air limbah melalui proses sedimentasi menggunakan aspek mekanis fisik tanpa melibatkan aspek molekular kimiawi atau difusi. Tenaga mekanis akan menekan partikel, cairan, atau campuran partikel cairan yang tidak diperlukan pada molekul individual. Pemisahan mekanik tersebut dipakai untuk campuran heterogen. Secara umum, koloid tidak ditangani melalui metode ini, terutama partikel berukuran lebih dari 0,1 μm . Teknik proses pemisahan padatan tersuspensi berdasarkan pada perbedaan fisika antara partikel-partikel tersebut, seperti ukuran, bentuk, atau densitas. Teknik ini dapat digunakan untuk memisahkan zat padat dari gas, zat cair dari gas, zat padat dari zat padat, atau zat padat dari zat cair.

Jenis pengendapan terbagi menjadi tiga tipe, yaitu *discrete settling*, *flocculent settling*, dan *hindered zone settling*. *Flocculent settling* ditujukan pada partikel ukuran flok ketika partikel ukuran besar akan menyusul partikel-partikel ukuran lebih kecil untuk membentuk suatu ikatan pengendapan lanjutan dengan kecepatan pengendapan terus bertambah dari kecepatan awal masing-masing partikel. Kemungkinan kontak antara partikel-partikel tergantung pada kedalaman zona pengendapan.

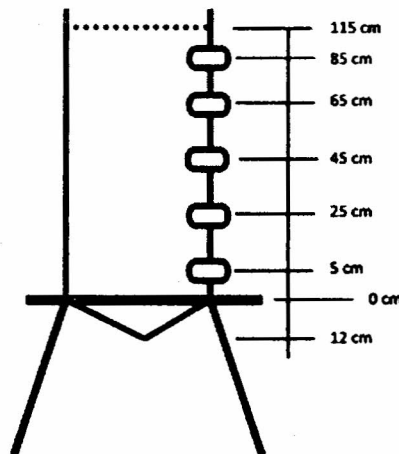
Penelitian ini dirancang untuk penentuan persentase penyisihan Total Suspended Solid (TSS) skala laboratorium berdasarkan tipe *flocculent settling* sehingga persentase penyisihan TSS, nilai waktu

detensi, dan *overflow rate* dapat diprediksi berdasarkan kondisi karakteristik air limbah terkini. Hasil dari penelitian ini diharapkan akan memberikan hasil pendekatan logis untuk rancangan unit sedimentasi pada pengolahan air limbah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan contoh uji air limbah pada salah satu industri di bidang penyedia produk perawatan tubuh dan cairan pencuci piring terkemuka di Jakarta. Pengambilan contoh uji dilakukan selama enam jam pada rentang waktu satu minggu sehingga karakteristik air limbah dari seluruh variasi jenis proses diharapkan dapat terwakili.

Alat penelitian menggunakan tangki sedimentasi sistem *batch* terbuat dari bahan *flexy glass*, cawan, furnace, oven, pH meter, turbidimeter, DO meter, timbangan analitik, desikator, dan penggaris. Selain contoh uji air limbah, tambahan bahan penelitian menggunakan akuades dan kertas saring untuk pengukuran TSS.



Gambar 1 Reaktor sedimentasi dengan variasi pengambilan titik sampling

Contoh uji air limbah campuran supernatan dan padatan hasil *jar test* berdasarkan dosis dan pH koagulan optimum dimasukkan ke dalam reaktor pada Gambar 1 hingga batas maksimum. Kemudian, parameter TSS, *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dihitung saat supernatan dan padatan berada pada kondisi tercampur. Setiap interval waktu pengendapan lima menit selama satu jam, contoh uji diambil pada setiap titik sampling untuk mendapatkan parameter TSS. Hasil analisis dimasukkan ke dalam tabel sebagai data primer analisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses sedimentasi *flocculant*, partikel-partikel individu bergabung menjadi satu dan membentuk gumpalan bernama flok. Proses ini terjadi saat padatan tersuspensi memiliki konsentrasi besar. Pada keadaan diam, partikel tersuspensi dalam air limbah memiliki kecenderungan alami untuk berkelompok (*agglomerate*). Kecenderungan ini diamati saat penelitian berlangsung sehingga data parameter TSS diperoleh berdasarkan waktu dan ketinggian reaktor (Tabel 1). Berdasarkan data pada Tabel 1, konsentrasi TSS meningkat saat kedalaman reaktor bertambah dan menurun pada titik sampling yang sama terhadap perubahan waktu pengamatan. Hal tersebut disebabkan partikel *flocculant* mengalami perubahan bentuk, ukuran maupun berat selama menjalani proses pengendapan, sehingga

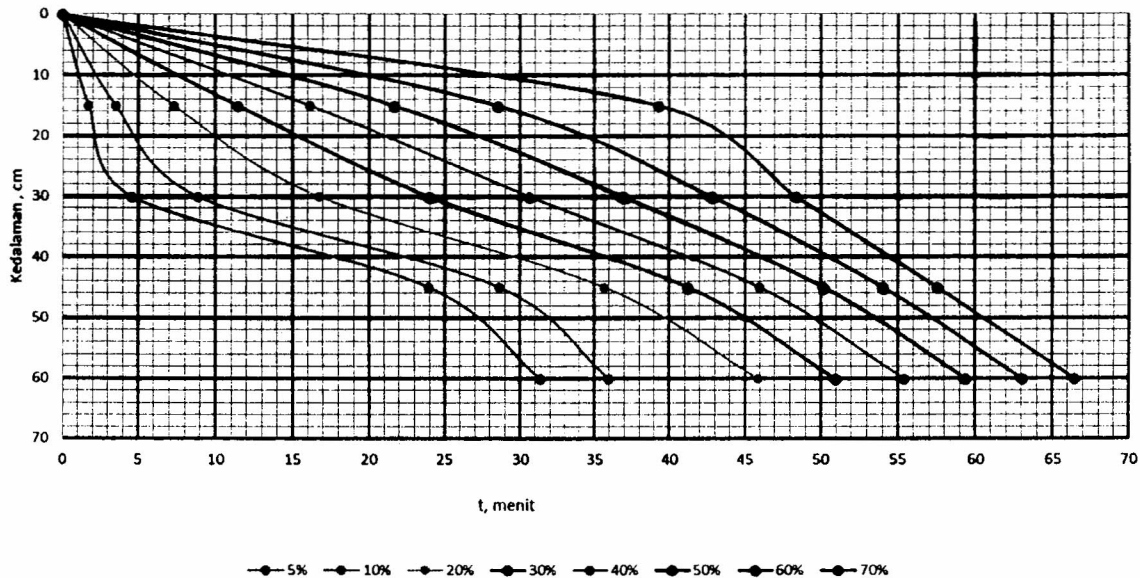
proses pengendapan partikel *flocculant* tergantung pada kedalaman tangki sedimentasi. Selain itu, proses koagulasi dan flokulasi menentukan efisiensi pengendapan di dalam unit sedimentasi melalui tahap penentuan dosis optimum koagulan pada *jar test*.

Selain itu, partikel tersuspensi dalam air buangan bukan jenis partikel diskrit tetapi merupakan jenis partikel ringan dan kecil yang bersinggungan kemudian bergabung dan bertambah ukuran. Akibat terjadinya pergabungan flokulan, termasuk koagulan kimia, dan flokologi, massa partikel bertambah sehingga dapat mengendap lebih cepat. Fenomena ini dikenal dengan flocculants atau sedimentasi tipe 2 (Shun Dar Lin, 2004).

Proses flokulasi dapat meningkatkan efisiensi penyisihan. Proses ini cukup dinyatakan dengan persamaan-persamaan. Karakteristik pengendapan dari materi flokulan biasanya dijelaskan oleh analisis kolom sedimentasi. Hasil analisis yang bagus biasanya didapat dari percobaan menggunakan pipa plastik berdiameter 3 cm dan tinggi 3 m. Titik-titik pengambilan sampel berada seragam sekitar 45-60 cm sepanjang tinggi kolom (Tchobanoglous *et al.* 2002).

Tabel 1 Konsentrasi TSS pada variasi pengambilan titik sampling

Tinggi titik sampling (cm)	Waktu sampling (menit)												
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0	154	109	723,	555	472,	469	414,	327	311	288	267	239	187,
	0,5	2	5		5		5						5
15	152	152	150	125	866	499	428	374,	416	276,	295	280,	248
	2	9	4,5	1,5				5		5		5	
30	153	154	155	154	147	130	989,	548,	459,	373	337,	287,	277,
	1,7	7,3	7,5	4,5	0,5	6,5	5	5	5		5	5	5
45	155	154	155	155	152	150	143	126	892	520,	375	362	320,
	2	8	8,5	0,5	8,5	2	1	2,5		5			5
60	156	156	156	156	159	153	153	149	142	128	111	874	519
	3,5	1,5	3,3	7,5	2,5	9	7	9,5	6	1,5	6,5		
75	154	157	157	158	154	158	157	157	155	152	147	136	121
	6,5	2	2	3,5	9	4,5	6,5	6	6	5	3	7	9



Gambar 2 Kurva isokonsentrasi flocculant settling

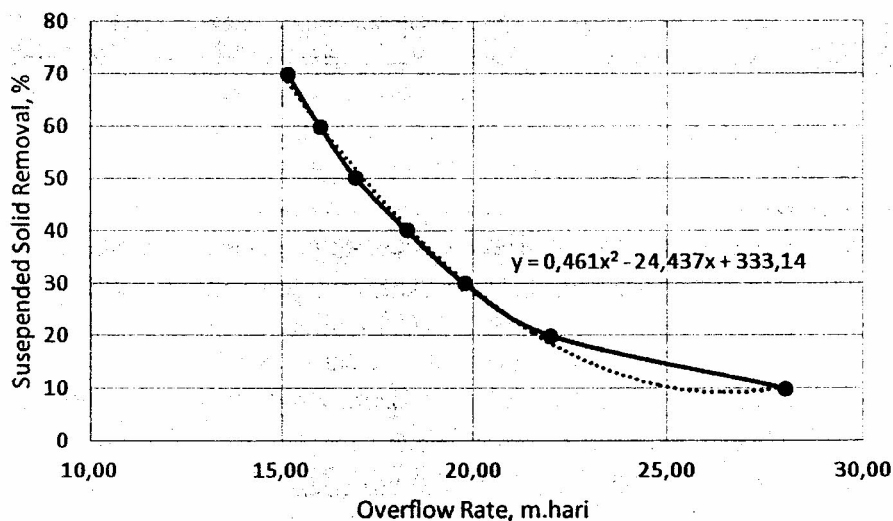
Berdasarkan data pada Tabel 1, kurva isokonsentrasi atau isoremoval dibuat dengan parameter kedalaman terhadap waktu (Gambar 2). Partikel di masing-masing fraksi terus-menerus berubah karena partikel saling menyatu satu sama lain sehingga kurva ini dapat merepersentasikan nilai gross dari efektifitas penyisihan partikulat. Warna dari masing-masing kurva menggambarkan persentase *removal* hasil perhitungan.

Tiap kurva pada Gambar 2 mewakili kemampuan unit dalam mengendapkan fraksi partikulat. Data pada Gambar 2 dapat digunakan secara langsung untuk mengestimasi *total removal*. Untuk menemukan total removal pada waktu tertentu, dapat ditambahkan garis bantu untuk memudahkan estimasi. Garis bantu tersebut berupa garis median yang digambar tepat diantara kurva isokonsentrasi (Droste 1997). Interpolasi menggunakan garis bantu tersebut dilakukan untuk mendapatkan nilai persentase yang lebih akurat.

Pada Gambar 2, nilai *overflow rate* merupakan perpotongan antara kurva isokonsentrasi dengan ketinggian kolom tes. Secara matematis, perhitungan *overflow rate* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

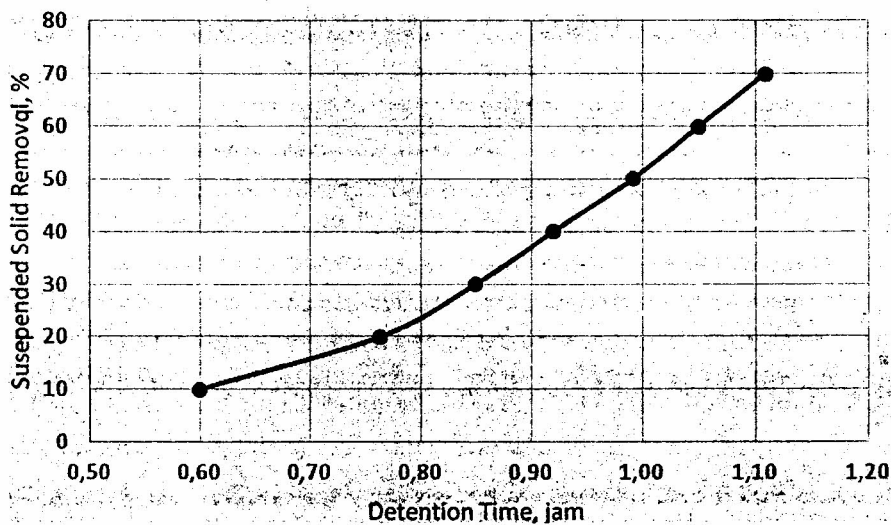
$$v_0 = \frac{H}{t_i} \quad (1)$$

H merupakan ketinggian kolom tes, sedangkan t_i merupakan waktu yang ditentukan berdasarkan perpotongan antara kurva isokonsentrasi. Hasil rekapitulasi perhitungan *overflow rate* disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva hubungan antara persentase *TSS removal* terhadap *overflow rate*

Gambar 3 menunjukkan bahwa *total removal* dengan *overflow rate* mempunyai hubungan logaritmis dan berbanding terbalik. Semakin kecil nilai *total removal*, maka semakin besar nilai *overflow rate*. Untuk waktu detensi pada masing-masing kurva isokonsentrasi ditentukan menggunakan garis bantu yang ditarik ke sumbu x di titik pengamatan yang paling dalam (60 cm). Hasil rekapitulasi perhitungan waktu detensi disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva hubungan antara persentase *TSS removal* terhadap waktu detensi

Gambar 4 menunjukkan bahwa *total removal* dengan waktu detensi mempunyai hubungan logaritmis dan berbanding lurus. Semakin kecil nilai *total removal*, maka semakin kecil juga nilai waktu

detensinya. Untuk menentukan total fraksi padatan yang mampu dihilangkan (RT_0), digunakan persamaan matematis sebagai berikut.

$$RT_0 = R_a + \frac{H_1}{H}(R_b - R_a) + \frac{H_2}{H}(R_c - R_a) + \dots \quad (2)$$

RT_0 merupakan total fraksi TSS yang mampu dihilangkan, sedangkan R_a , R_b , R_c dan seterusnya merupakan fraksi isokonsentrasi pada a , b , c , dan seterusnya. Rekapitulasi total fraksi TSS yang mampu dihilangkan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi nilai *percentage TSS fraction removed*

TSS Removal	Fraksi TSS yang mampu dihilangkan (%)
RT ₇₀	82.86
RT ₆₀	78.21
RT ₅₀	75.57
RT ₄₀	70.43
RT ₃₀	63.74
RT ₂₀	56.79
RT ₁₀	42.49

Tabel 2. menunjukkan bahwa nilai *percentage TSS fraction removed* dengan persentase TSS pada kurva isokonsentrasi hasil perhitungan mempunyai hubungan logaritmis dan berbanding lurus. Semakin kecil nilai total TSS kurva isokonsentrasi, maka semakin kecil juga nilai *percentage TSS fraction removed*.

SIMPULAN

Penentuan persentase penghilangan TSS menggunakan metode isokonsentrasi sudah selesai dilakukan. Hasil perhitungan total penyisihan fraksi TSS dengan variasi penyisihan 10, 20, 30, 40, 50, 60 dan 70% berturut-turut yaitu 42,49%; 56,79%; 63,74%; 70,43%, 75,57%, 78,21% dan 82,86%. Nilai tersebut kemudian dijadikan sebagai dasar atau acuan terhadap penentuan *overflow rate* dan waktu detensi unit sedimentasi. Untuk waktu detensi, hubungan antara variasi penyisihan dengan waktu detensi yaitu logaritmis berbanding lurus. Hubungan sebaliknya, logaritmis berbanding terbalik terjadi pada variasi penyisihan dengan *overflow rate*.

DAFTAR PUSTAKA

- Droste Ronald L. 1997. *Theory and Practie of Water and Wastewater Engineering*. New York (US): John Wiley & Sons Inc.
- Lin Shundar. 2004. *Water and Wastewater Calculations Manual*. New York (US): McGraw-Hill Inc
- Tchobanoglous G, Burton FL, Stensel HD. 2002. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. New York (US): McGraw-Hill