

Efek Kecepatan Pengendapan terhadap Perencanaan Unit Sedimentasi Primer pada Pengolahan Air Lindi

Owen Jacob Notonugroho, Muhammad Faiz Kahendran, Aliyah Baida Wiwiyanti,
Dzaki Nauval, Chusnul Arif, Allen Kurniawan*

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Gedung FATETA, Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat, 16680

Email: allenkurniawan@apps.ipb.ac.id

Dikirim: 8 Juli 2022

Direvisi: 21 Juli 2022

Diterima: 22 Juli 2022

ABSTRAK

Produksi air lindi akibat tumpukan sampah akan mencemari lingkungan dan air tanah di bawahnya apabila tidak diolah dengan baik. Air lindi memiliki banyak padatan tersuspensi sehingga memerlukan koagulan sebagai pengikat antar partikel padatan. Penelitian ini merancang unit sedimentasi primer dengan mempertimbangkan kecepatan pengendapan ketika diberi koagulan. Berdasarkan hasil pengujian *jar test* diperoleh dosis optimum PAC 2500 mg/L karena memiliki nilai turbiditas dan COD terkecil berturut-turut sebesar 0.46 NTU dan 163 mg/L. Dosis koagulan terpilih selanjutnya dilakukan pengukuran *hindered settling* sehingga menghasilkan nilai ketinggian kritis 15,9 cm dan waktu kritis 76,7 menit. Proses pengendapan zona kompresi terjadi pada menit ke-183 ditandai dengan melandainya kurva. Desain unit sedimentasi primer berdasarkan karakteristik kecepatan pengendapan pada air lindi dapat mengadopsi persamaan Vesilind dan Yoshida-Dick. Nilai koefisien pengendapan dengan persamaan Vesilind dan Yoshida-Dick masing-masing sebesar 2×10^{-6} m³/gr dan $9,82 \times 10^{-3}$ m³/gr. Persamaan Vesilind menghasilkan nilai kecepatan pengendapan sebesar 0,009 cm/detik, sedangkan persamaan Yoshida dan Dick sebesar 0,01 cm/detik. Berdasarkan kurva *hindered* diperoleh nilai H_u sebesar 5,23 cm dan T_u sebesar 183,74 menit. Nilai H_u dan T_u dapat memperoleh nilai SOR sebesar 2,39 m³/m². Debit aliran ditentukan sebesar 100 L/detik maka diperoleh nilai luas area permukaan sedimentasi sebesar 3614,74 m² dan diameter unit sedimentasi diperoleh sebesar 66,67 m. Kedalaman total dan diameter unit sedimentasi primer diperoleh sebesar 4,59 m dan 66,67 m. Desain struktur unit sedimentasi terdiri atas struktur *influen*, *orifice submerge* EDI, dan struktur *effluen* agar debit *influen* yang memasuki unit sedimentasi tidak mengganggu proses pengendapan. Hubungan antara nilai pemodelan kecepatan pengendapan dengan desain unit sedimentasi diharapkan mampu mengoptimalkan proses pengendapan pada air lindi dengan menggunakan koagulan PAC.

Kata kunci: Air lindi, koagulan, pengendapan, sedimentasi

1. PENDAHULUAN

Masalah sampah tidak terbatas pada masalah komponen limbah padatnya saja karena menghasilkan limbah cair berupa air lindi (*leachate*) (Al-Hadi dkk., 2019). Air lindi berasal dari proses dekomposisi komponen sampah yang mengandung senyawa organik, garam anorganik, nutrisi, dan logam berat (Arunbabu dkk., 2017). Air lindi dapat juga terbentuk dari hasil dekomposisi sampah yang terbawa oleh air hujan sehingga mengandung bahan polimer (makromolekul) dan bahan sintetik organik (Wintgens dkk., 2014). Air lindi jika tidak diproses dengan baik akan berpotensi terfiltrasi ke dalam tanah dan mencemari tanah maupun air tanah (Said & Hartaja, 2018). Oleh karena itu, unit pengolahan air lindi diperlukan untuk mereduksi kandungan pencemar yang terkandung dalam air lindi.

Sedimentasi merupakan unit pengolahan dengan menghilangkan koloid maupun padatan terlarut pada air limbah (Amin & Sari, 2015). Padatan tersuspensi (TSS) air lindi mampu mencapai 3000-30000 mg/L (Samadi dkk., 2010). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 59 Tahun 2016 nilai baku mutu TSS pada air lindi sebesar 100 mg/L. Hal ini membuktikan bahwa nilai padatan air lindi perlu direduksi dengan unit pengolahan sedimentasi. Unit pengolahan sedimentasi berkaitan dengan karakteristik kecepatan pengendapan yang dialami oleh partikel padatan air limbah. Kecepatan lumpur merupakan parameter penting untuk mengembangkan fluks total padatan dalam unit sedimentasi (Vanderhasselt & Vanrolleghem, 2000). Kecepatan pengendapan umumnya terdiri atas dua bagian berdasarkan konsentrasi TSS yaitu kecepatan pengendapan saat konsentrasi TSS rendah termasuk pencatatan diskrit dan flokulan serta kecepatan pengendapan saat konsentrasi TSS tinggi termasuk perekaman lumpur dan kompresi. Oleh karena

itu, penelitian ini mendiskritkan ketinggian pengendapan menjadi beberapa lapisan dengan dan menerapkan kinetika orde pertama atau kedua yang diatur oleh teori fluks padatan.

Namun, upaya tersebut membutuhkan sejumlah perhitungan dan estimasi parameter yang cermat. Pemilihan parameter pengukuran penelitian ini berdasarkan kebutuhan dalam mengestimasi kecepatan pengendapan dan desain unit sedimentasi primer. Parameter pengukuran penelitian terdiri atas pH, suhu, TDS, TSS, COD, dan kekeruhan. Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan desain unit sedimentasi primer berdasarkan karakteristik air lindi dan pemodelan menggunakan persamaan Vesilind dan Yoshida-Dick berdasarkan kecepatan pengendapan. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai pertimbangan dasar bagi khalayak dalam melakukan konstruksi unit pengolahan sedimentasi primer dengan mempertimbangkan karakteristik kecepatan pengendapan.

2. METODOLOGI

Perancangan desain unit sedimentasi primer dilakukan di Laboratorium Limbah Padat dan B3, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor. Sampel air lindi didapatkan dari TPA Galuga, Cibungbulang, Kabupaten Bogor. Pengukuran kecepatan pengendapan dilakukan sekali dengan menggunakan metode *hindered settling*.

2.1 Alat dan bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain gelas ukur 1000mL, gelas piala 1000mL, gelas piala 100mL, *stirrer*, penggaris, *timer*, kertas saring Whatmann 934-AH, *oven*, *jar test*, dan turbidimeter. Penelitian ini menggunakan bahan berupa air lindi (Gambar 1) yang berasal dari TPA Galuga, Cibungbulang, Kabupaten Bogor, dan *Poly Aluminium Chloride* (PAC).



Gambar 1. Air lindi, PAC, dan alat *jar test*

2.2 Pengujian *Jar Test*

Pengujian *jar test* (Gambar 2) ditujukan untuk menentukan kadar PAC optimum terhadap pengendapan partikel pada air lindi. Variasi konsentrasi PAC terbagi menjadi tujuh di antaranya 500mg/L, 1000mg/L, 1500mg/L, 2000 mg/L, 2500 mg/L, 3000 mg/L, dan 3500 mg/L. Selanjutnya air lindi dimasukkan ke dalam gelas piala 1000mL lalu diletakan ke dalam *jar test*. Pemberian PAC dilakukan bersamaan ketika *propeller* berputar. Pengadukan cepat dilakukan dengan kecepatan putaran 200 rpm selama 1 menit. Sedangkan pengadukan lambat dilakukan dengan kecepatan putaran 45 rpm selama 15 menit (Prabowo, 2017)



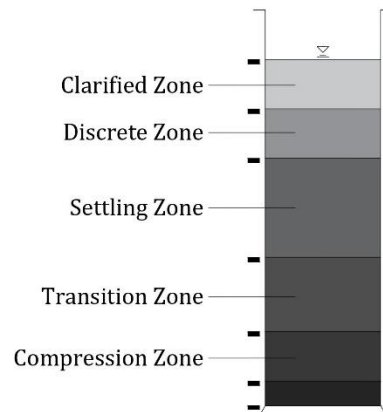
Gambar 2. Pengujian *jar test* air lindi dan koagulan PAC

2.3 Pengujian *Hindered Settling* dan TSS

Kecepatan pengendapan dapat ditentukan dengan pengujian *hindered settling* (Gambar 3 dan 4). Perolehan nilai pada pengujian ini di antaranya tinggi pengendapan di titik tertentu (H_u) dan waktu pengendapan di titik tertentu (t_u) (Bakiri & Nacef, 2020). Pengujian *hindered settling* menggunakan gelas ukur 1000mL lalu di tuangkan sampel air lindi yang telah diberi koagulan PAC lalu dihitung ketinggian penurunan menggunakan pengaris dan waktu penurunan pengendapan menggunakan *timer* setiap 1 menit selama 4 jam. Setelah dilakukan pengukuran *hindered settling* maka selanjutnya sampel air lindi dalam kondisi homogen akan diukur nilai TSS nya. Selain itu, padatan di dasar gelas ukur akan dihitung TSS nya sebagai nilai total padatan pada zona pembuangan lumpur di unit sedimentasi.



Gambar 3. Pengujian *hindered settling*



Gambar 4. Ilustrasi zona pengendapan pengujian *hindered settling*

2.4 Pemodelan Kecepatan Pengendapan

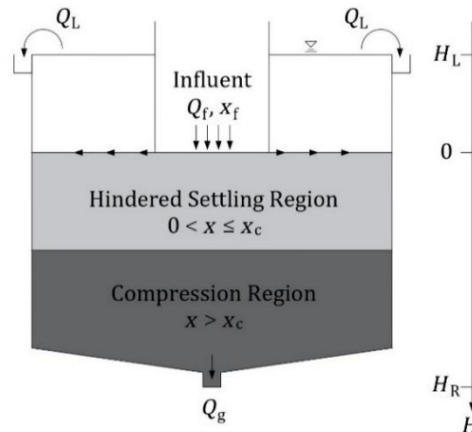
Mengestimasi nilai kecepatan pengendapan terhadap nilai eksperimen. Unit sedimentasi primer memiliki tiga zona terdiri atas zona air bersih, zona *hindered*, dan zona kompresi (Unesi dkk., 2018). Berikut ini adalah gambar dan Persamaan yang menggambarkan kondisi kecepatan pengendapan pada masing-masing zona tersebut.

$$v_s \begin{cases} v_0 e^{-r_h x} - v_0 e^{-r_p p x} & ; x < x_0 \\ v_0 e^{-r_h x} & ; x_0 \geq x \geq x_c \\ v_0 e^{-r_h x} \left(1 - \frac{\rho_s \sigma_e(x)}{(\rho_s - \rho_f) g x} \right) & ; x \geq x_c \end{cases} \quad (1)$$

Keterangan :

- v_h = Kecepatan pengendapan zona hindered (m/detik)
- v_0 = Kecepatan di awal pengendapan (m/detik)
- v_c = Kecepatan pengendapan zona kompresi (m/detik)
- r_h = Koefisien karakteristik pengendapan hindered
- r_p = Koefisien pengendapan saat konsentrasi padatan rendah

- x = Konsentrasi biomassa (kg/m^3)
 ρ_s = Massa jenis padatan (kg/m^3)
 ρ_f = Massa jenis cairan (kg/m^3)
 g = Gravitasi (m/detik^2)
 $\sigma_e(x)$ = *Effective solid stress*



Gambar 5. Skema zona pengendapan unit *thickener* sedimentasi

Fungsi pengendapan *hindered* mengadopsi persamaan eksponensial Vesilind dan Yoshida-Dick.

$$v_c = v_h \left(1 - \frac{\rho_s \sigma_e(x)}{(\rho_s - \rho_f)gx} \right) \quad (2)$$

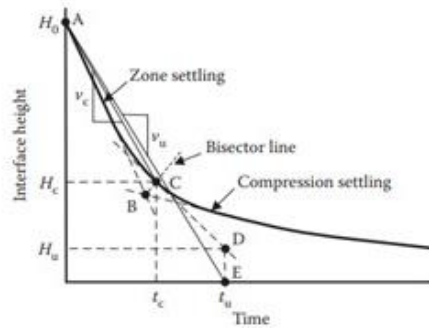
$$\sigma_e(x) = \begin{cases} 0 & ; x < x_0 \\ 0 & ; x_0 \leq x \leq x_c \\ \frac{x}{(x - y_1) + \beta} & ; x \geq x_c \end{cases} \quad (3)$$

Keterangan:

- v_h = Kecepatan pengendapan zona hindered (m/detik)
 v_c = Kecepatan pengendapan zona kompresi (m/detik)
 x = Biomassa (kg/m^3)
 ρ_s = Massa jenis padatan (kg/m^3)
 ρ_f = Massa jenis cairan (kg/m^3)
 g = Gravitasi (m/detik^2)
 $\sigma_e(x)$ = *Effective solid stress*

2.5 Perhitungan desain unit sedimentasi primer

Desain unit sedimentasi primer mengutamakan karakteristik kecepatan pengendapan air lindi sehingga dapat menentukan detail desain sedimentasi primer. Desain unit sedimentasi primer dirancang dengan bentuk berupa sedimentasi *circular*. Selain itu, penelitian ini merancang desain unit sedimentasi primer dengan menghubungkan nilai SOR dengan pengaruh *hindered settling*. Hubungan antara kecepatan pengendapan dengan desain unit sedimentasi yaitu nilai *Surface Overflow Rate* (SOR) (Carbone dkk., 2014). Nilai SOR dapat ditentukan dengan menggunakan kurva *hindered settling* yang menghasilkan nilai di antaranya tinggi pengendapan di titik tertentu (H_u) dan waktu pengendapan di titik tertentu (t_u). Persamaan di bawah ini menunjukkan hubungan antara grafik *hindered settling* dengan desain unit sedimentasi. Metode dalam analisis kurva *hindered* salah satunya yaitu metode Talmage dan fitch. Nilai titik kritis (Gambar 6) ditentukan dengan membuat garis biseksional dari dua garis yang bersinggungan dengan kurva *hindered* (Fitch, 1916).



Gambar 6. Kurva *hindered settling* dengan metode Talmage dan Fitch

Selanjutnya menentukan nilai SOR dan SLR dari hasil analisis kurva *hindered* dengan persamaan seperti di bawah ini:

$$SOR = \frac{H_u}{t_u} \quad (4)$$

$$A_s = \frac{Q_0}{SOR} \quad (5)$$

$$SLR = \frac{Q_0 \cdot C_0}{A_p} \quad (6)$$

Keterangan:

SOR = Surface Overflow Rate $\left(\frac{m^3}{m^2 \cdot \text{hari}}\right)$

SLR = Solid Loading Rate $\left(\frac{Kg}{m^2 \cdot \text{jam}}\right)$

H_u = Ketinggian pengendapan pada titik tertentu (m)

t_u = Waktu pengendapan pada titik tertentu (Jam)

A_s = Luas permukaan unit sedimentasi (m^2)

Q_0 = Debit influen sedimentasi $\left(\frac{m^3}{\text{hari}}\right)$

C_0 = Konsentrasi TSS influen sedimentasi $\left(\frac{Kg}{\text{hari}}\right)$

A_p = Luas permukaan pengendapan (m^2)

Setelah itu, kedalaman unit sedimentasi mempertimbangkan ketinggian zona *thickener* (H_{th}) dan ketinggian pengumpul lumpur (H_{p1}). Ketinggian zona *thickener* dapat ditentukan dengan menentukan volume *thickener* dari hubungan debit (Q_0) dan luas permukaan unit sedimentasi (A_s).

$$V_{th} = Q_0 \cdot t_u \quad (7)$$

$$H_{th} = \frac{V_{th}}{D_p} \quad (8)$$

Keterangan:

V_{th} = Volume *thickener* (m^3)

H_{th} = ketinggian *thickener* (m)

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil pemilihan konsentrasi koagulan optimum

Pengujian dosis koagulan menggunakan *jar test* bertujuan untuk mengetahui dosis optimum dalam pengolahan air lindi (Simatupang dkk., 2021). Dosis koagulan paling efektif ini dipilih berdasarkan nilai turbiditas dan COD terkecil dari setiap sampel (Rohana & Purwanti, 2019). Hasil pengukuran turbiditas dan COD tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 terlihat nilai turbiditas sampel yang diberi PAC semakin banyak akan semakin kecil sampai batas tertentu kemudian nilai turbiditasnya akan kembali meningkat lagi. Pada penelitian ini, nilai turbiditas terkecil sebesar 0.46 NTU terdapat pada sampel yang diberi PAC 2500 mg/L.

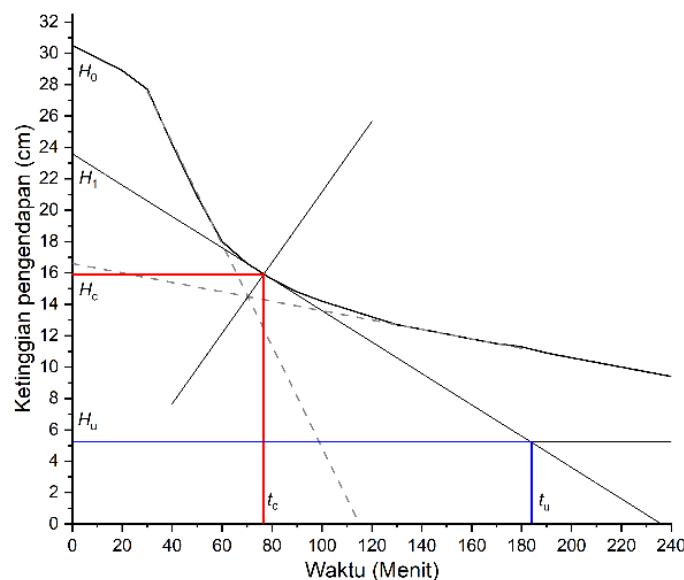
Tabel 1. Hasil pengujian sampel dengan berbagai parameter

No	Konsentrasi PAC (mg/L)	PH	Suhu (°C)	TDS (mg/L)	Turbiditi (NTU)	COD (mg/L)
1	500	7,38	28,8	2280	27	268
2	1000	7,16	28,4	2250	0,94	190
3	1500	7,01	28,1	2260	0,62	178
4	2000	6,79	27,8	2570	0,70	167
5	2500	6,64	28	2580	0,46	163
6	3000	6,49	28,4	2580	1,30	167
7	3500	6,36	28,2	2230	0,95	-

Berdasarkan Tabel 1 tersebut terlihat bahwa nilai TDS juga dipengaruhi oleh penambahan koagulan PAC. Konsentrasi TDS mengalami kenaikan hingga batas tertentu seiring dengan penambahan dosis koagulan PAC. Setelah melewati kadar optimumnya, nilai TDS akan mengalami penurunan kembali. Nilai TDS yang semakin besar ini disebabkan kandungan padatan terlalu bertambah karena koagulan yang larut sehingga nilai TDS mengalami kenaikan (Prasetya & Saptomo, 2018).

3.2 Hindered Settling

Hasil pengukuran *hindered settling* dapat diimplementasikan ke dalam kurva *hindered* dengan metode Talmage dan Fitch (Gambar 7). Metode ini dapat menentukan nilai ketinggian kritis dan waktu kritis proses pengendapan (Gallardo-Rodríguez dkk., 2020). Proses pengendapan terbagi menjadi beberapa zona di antaranya zona flokulan, zona pengendapan, dan zona kompresi (Garmsiri dkk., 2012). Titik kritis pengendapan menjadi peralihan antara zona pengendapan dan zona kompresi. Titik kritis dapat ditentukan dengan menggunakan metode Talmage dan Fitch dengan mencari garis biseksional titik kritis sehingga diperoleh titik kritis. Nilai ketinggian kritis dan waktu kritis dalam proses pengendapan pada penelitian ini berturut-turut yaitu 15,9 cm dan 76,7 menit. Selain itu, waktu inisial zona kompresi dapat ditentukan dengan menentukan ketinggian zona kompresi. Proses pengendapan pada zona kompresi terjadi pada menit ke 183 dapat dibuktikan dari melandainya kurva. Titik kritis dapat digunakan untuk memodelkan proses pengendapan dengan menentukan nilai kecepatan pengendapan. Kecepatan pengendapan terbagi menjadi dua zona yaitu kecepatan pada zona *hindered* dan kecepatan pada zona kompresi.

**Gambar 7.** Kurva hasil pengujian *hindered settling*

Vesilind (1968) =

$$v_s \begin{cases} v_0 e^{-r_h x} ; x_0 \geq x \geq x_c \\ v_0 e^{-r_h x} \left(1 - \frac{\rho_s \sigma_e(x)}{(\rho_s - \rho_f) g x} \right) ; x \geq x_c \end{cases} \quad (9)$$

(10)

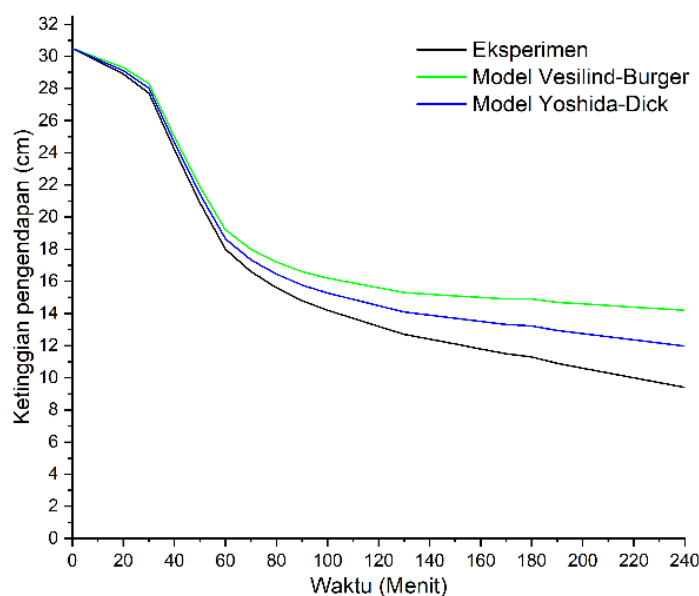
Yoshida dan Dick =

$$v_s \begin{cases} v_0 x^{-n}; & x_0 \geq x \geq x_c \\ v_0 x^{-n} \left(1 - \frac{\rho_s \sigma_e(x)}{(\rho_s - \rho_f)gx} \right); & x \geq x_c \end{cases}$$

Zona *hindered* dan zona kompresi terbagi karena terdapat garis biseksional pada titik kritis (Contreras-García dkk., 2009). Penentuan nilai kecepatan pengendapan dilakukan menggunakan VBA solver. Selain kecepatan pengendapan, nilai koefisien karakteristik pengendapan pada zona *hindered* dapat ditentukan dengan VBA Solver. Karakteristik pengendapan dapat diperoleh dari persamaan Vesilind dan Yoshida-Dick. Nilai karakteristik pengendapan (r_h) pada persamaan Vesilind diperoleh sebesar 2×10^{-6} m³/gr sedangkan persamaan Yoshida-Dick diperoleh nilai koefisien pengendapan (n) sebesar $9,82 \times 10^{-3}$ m³/gr. Berdasarkan Tabel 2, nilai koefisien pengendapan tidak dapat diukur secara langsung dan hanya bergantung pada karakteristik internal proses pengendapan. Koefisien pengendapan berfungsi sebagai model prediksi proses pengendapan agar dapat digunakan sebagai dasar untuk mendesain unit sedimentasi (Ramin dkk., 2014).

Tabel 2. Perbandingan nilai koefisien pengendapan r_h

Sumber	Nilai	Satuan
(Vanderhasselt & Vanrolleghem, 2000)	$1,9 \times 10^{-5} - 6,4 \times 10^{-5}$	m ³ /gr
(Várhelyi et al., 2019)	$4,8 \times 10^{-5} - 6,1 \times 10^{-5}$	m ³ /gr
(Takács et al., 1991)	$2,9 \times 10^{-4} - 3,7 \times 10^{-4}$	m ³ /gr
Penelitian ini dengan model persamaan Vesilind	$2,0 \times 10^{-6}$	m ³ /gr
Penelitian ini dengan model persamaan Yoshida-Dick	$9,82 \times 10^{-3}$	m ³ /gr



Gambar 8. Kurva perbandingan hasil eksperimen dengan permodelan Vesilind-Burger dan Yoshida-Dick

Apabila nilai koefisien pengendapan telah didapatkan maka nilai kecepatan pengendapan dapat dihitung berdasarkan persamaan Vesilind dan Yoshida-Dick. Persamaan Vesilind menghasilkan nilai kecepatan pengendapan sebesar 0.009 cm/detik, sedangkan persamaan Yoshida dan Dick sebesar 0.01 cm/detik. Nilai kecepatan pengendapan dapat memengaruhi proses kompresi. Berdasarkan kurva pada Gambar 8, proses pengendapan oleh model Vesilind cenderung lebih lambat dan proses kompresi terlihat lebih cepat dibandingkan dengan hasil eksperimen. Hal ini diakibatkan dari nilai kecepatan yang didapatkan dari persamaan Vesilind lebih besar dari kondisi aktual. Selain itu, nilai kecepatan pengendapan oleh persamaan Yoshida-Dick menunjukkan nilai yang tidak terlalu jauh berbeda dengan hasil pengukuran. Kurva model Yoshida-Dick menunjukkan proses kompresi belum terjadi pelandaian sehingga kurva masih terus menurun seiring dengan kurva hasil eksperimen.

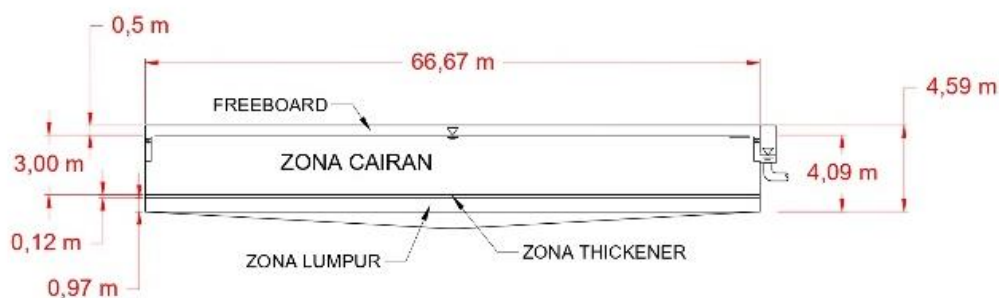
3.3 Desain unit sedimentasi

Hubungan antara kurva hindered dengan desain unit sedimentasi ditinjau dari nilai *Surface Overflow Rate* (SOR). Nilai SOR merupakan rasio debit terhadap luas permukaan sedimentasi. SOR bersangkutan dengan kecepatan pengendapan partikel pada unit sedimentasi. Berdasarkan kurva hindered diperoleh nilai H_u sebesar 5,23 cm dan T_u sebesar 183,74 menit. Nilai H_u dan T_u dapat memperoleh nilai SOR sebesar 2,39 m^3/m^2 . Luas area permukaan sedimentasi dapat ditentukan oleh nilai SOR. Luas area permukaan sedimentasi jika dihubungkan dengan debit aliran sebesar 100 L/detik maka diperoleh nilai luas area permukaan sedimentasi sebesar 3614,74 m^2 . Diameter unit sedimentasi diperoleh sebesar 66,67 m dari luas permukaan sedimentasi.

Tabel 3 menunjukkan nilai kedalaman yang dimiliki oleh unit sedimentasi primer *circular*. Kedalaman total dari unit sedimentasi sebesar 4,59 m. Kedalaman tersebut menunjukkan bahwa pembentukan zona air bersih mencapai 3 m sehingga lumpur yang mengendap akan terkumpul pada zona *thickener* dan zona pengumpul lumpur. Konsentrasi pada zona lumpur disesuaikan dengan pengukuran TSS yang terjadi saat pengukuran *hindered settling* ketika endapan sudah tidak lagi mengalami penurunan. Nilai TSS di zona lumpur diharapkan mampu mencapai 2510 mg/L. Berikut ini adalah detail zona kedalaman air pada unit sedimentasi primer *circular* (Gambar 9).

Tabel 3. Ketinggian setiap zona pada unit sedimentasi

Parameter desain	Nilai	Satuan
H_p	0,41	m
H_b	3,00	m
H_{th}	0,12	m
H_{pl}	0,97	m
H_f	0,50	m
H_{tot}	4,59	m

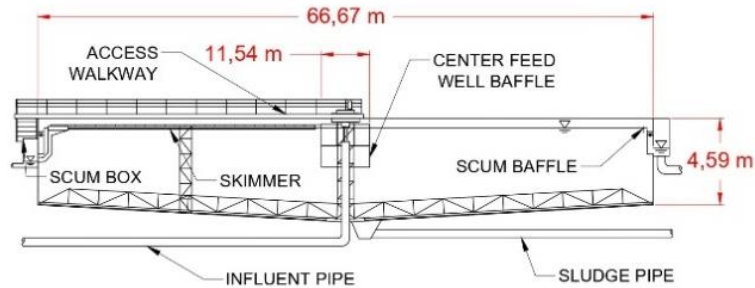


Gambar 9. Detail zona kedalaman air pada unit sedimentasi

Desain struktur influen (Tabel 4 dan Gambar 10) diperlukan untuk menjadi saluran masuk air lindi menuju unit sedimentasi. Volume pada struktur *influen* yang diperoleh sebesar 240 m^3 . Volume struktur *influen* diperoleh dari hubungan antara debit aliran air limbah pada *influen* dengan waktu detensi pada struktur *influen*. Luas permukaan pada struktur *influen* diperoleh dari pengaruh nilai volume struktur influen terhadap tinggi struktur *influen*. Nilai tinggi struktur *influen* diperoleh dari setengah tinggi zona pengendapan.

Tabel 4. Parameter desain struktur influen

Parameter desain	Nilai	Satuan
V_{in}	240,0	m^3
H_{in}	2,30	m
A_{in}	104,57	m^2
D_{in}	11,54	m
v_{in}	1497,53	$m^2/hari$

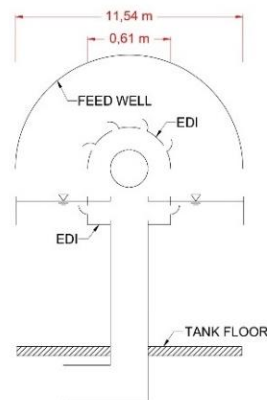


Gambar 10. Detail struktur *influen* unit sedimentasi

Jumlah *orifice submerge* EDI ditentukan sebanyak 6 buah. Nilai volume yang diperoleh didasarkan atas waktu detensi *orifice submerge* EDI sebesar 10 detik. Hal ini membuktikan bahwa air limbah dari struktur influen akan diteruskan menuju *orifice submerge* EDI dengan kecepatan tinggi sehingga waktu tinggal air lindi akan semakin cepat (Tabel 5 dan Gambar 11).

Tabel 5. Parameter desain *orifice submerge* EDI

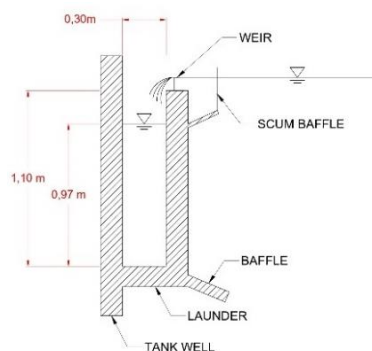
Parameter desain	Nilai	Satuan
N_{EDI}	6	Buah
V_{EDI}	2,00	m ³
A_{EDI}	0,29	m ²
H_{EDI}	1,15	m
D_{EDI}	0,61	m
v_{EDI}	9914,42	m ² /hari



Gambar 11. Detail struktur *orifice submerge* EDI unit sedimentasi

Tabel 6. Parameter desain struktur efluen

Parameter desain	Nilai	Satuan
P_{weir}	207,6	m
N_{vnotch}	691	buah
Q_{vnotch}	0,00029	m ³ /detik
$H_{L-vnotch}$	0,03	m
f_{vnotch}	0,05	m
$H_{tot-vnotch}$	0,08	m
$Q_{launder}$	8640	m ³ /hari
Y_c	0,47	m
Y_1	0,81	m
Y'_1	0,97	m
$H_{tot-launder}$	1,18	m



Gambar 12. Detail struktur efluen unit sedimentasi

Desain struktur efluen sedimentasi (Tabel 6 dan Gambar 12) terdiri atas dua buah *launder* yang memiliki *weir* di atasnya. *Weir* yang digunakan berbentuk *v-notch* dengan kemiringan sudut sebesar 90° . Jumlah *v-notch* yang diperoleh sebesar 691 buah dengan panjang mengikuti panjang *weir* sepanjang 207,6 m. *Launder* didesain secara lateral dengan *weir*. Panjang *weir* ditentukan dari setengah keliling unit sedimentasi karena terbagi menjadi dua *launder*.

4. KESIMPULAN

Konsentrasi koagulasi optimum pada penelitian ini yaitu 2500 mg/L. Pemberian konsentrasi tersebut menghasilkan nilai turbiditas dan cod terkecil sebesar 0.46 NTU dan 163 mg/L. Hal tersebut menjadi dasar dalam pemilihan dosis koagulan PAC. Dosis koagulan terpilih selanjutnya dilakukan pengukuran *hindered settling* sehingga menghasilkan nilai ketinggian kritis sebesar 15,9 cm dan waktu kritis sebesar 76,7 menit. Proses pengendapan zona kompresi terjadi pada menit ke-183 ditandai dengan melandainya kurva. Karakteristik pengendapan dapat ditentukan dari koefisien pengendapan dan kecepatan pengendapan. Nilai koefisien pengendapan dengan persamaan Vesilind dan Yoshida-Dick masing-masing sebesar $2 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{gr}$ dan $9,82 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{gr}$. Persamaan Vesilind menghasilkan nilai kecepatan pengendapan sebesar 0.009 cm/detik, sedangkan persamaan Yoshida dan Dick sebesar 0.01 cm/detik. Berdasarkan kurva *hindered* diperoleh nilai H_u sebesar 5,23 cm dan T_u sebesar 183,74 menit. Nilai H_u dan T_u dapat memperoleh nilai SOR sebesar $2,39 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Debit aliran ditentukan sebesar 100 L/detik maka diperoleh nilai luas area permukaan sedimentasi sebesar $3614,74 \text{ m}^2$ dan diameter unit sedimentasi diperoleh sebesar 66,67 m. Kedalaman total unit sedimentasi *circular* ini sebesar 4,59 m. Volume struktur *influen* adalah 240 m^3 , ketinggian dan diameter sebesar 2,3 m dan 11,54 m. Sedangkan ketinggian dan diameter *orifice submerge* EDI sebesar 1,15 m dan 0,61 m. Jumlah *orifice submerge* EDI sebanyak 6 buah. Desain efluen terdiri atas dua *launder* dengan *weir* berbentuk *v-notch* sebanyak 691 buah dan kemiringan sudut 90° di atasnya

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hadi, A. M., Lestari, D. A., & David, J. P. (2019). Comparison Study of BOD & COD of Leachate Quality (Case Study in Air Dingin Landfill and Jatibarang Landfill. *Journal of Environmental Engineering and Waste Management*, 4(1), 37. <https://doi.org/10.33021/jenv.v4i1.692>
- Amin, J., & Sari, dan D. (2015). Penurunan Kadar Besi dan Mangan Terlarut dalam Air Payau Melalui Proses Oksidasi Menggunakan Kalium Permanganat Reduction of Iron and Manganese Content Dissolved In Brackish Water Through Oxidation Process Using Potassium Permanganate. *Online, Www.Jlsuboptimal.Unsri.Ac.Id*, 4(1), 38–46. www.jlsuboptimal.unsri.ac.id
- Arunbabu, V., Indu, K. S., & Ramasamy, E. V. (2017). Leachate pollution index as an effective tool in determining the phytotoxicity of municipal solid waste leachate. *Waste Management*, 68, 329–336. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.012>
- Bakiri, Z., & Nacef, S. (2020). Development of an improved model for settling velocity and evaluation of the settleability characteristics. *Water Environment Research*, 92(7), 1089–1098. <https://doi.org/10.1002/wer.1306>
- Carbone, M., Garofalo, G., & Piro, P. (2014). Comparison between CFD and Surface Overflow Rate Models to Predict Particulate Matter Separation in Unit Operations for Combined Sewer Overflows. *Journal of Environmental Engineering*, 140(12), 04014041. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ee.1943-7870.0000857](https://doi.org/10.1061/(asce)ee.1943-7870.0000857)
- Contreras-García, J., Martín Pendás, A., Recio, J. M., & Silvi, B. (2009). Computation of local and global properties of the electron localization function topology in crystals. *Journal of Chemical Theory and Computation*, 5(1), 164–173. <https://doi.org/10.1021/ct800420n>
- Fitch, E. B. (1916). *Determining Thickener Unit Areas Simple Geometrical Constructions Aid Direct*

- Determination of Unit Area Requirements*. 47(1), 38–41.
- Gallardo-Rodríguez, J. J., Ruiz-Ortega, A., Navarro-López, E., del Carmen Cerón-García, M., Beas-Catena, A., Sánchez-Mirón, A., & García-Camacho, F. (2020). Improving the learning of thickening design through graphical methods with the freeware software SMath studio. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(6), 1391–1405. <https://doi.org/10.1002/cae.22308>
- Garmsiri, M. R., Haji, H., & Shirazi, A. (2012). A new approach to define batch settling curves for analyzing the sedimentation characteristics. *Journal of Mining & Environment*, 3(2), 103–111.
- Prabowo. (2017). Pengolahan Air Lindi Menggunakan Metode Koagulasi Flokulasi dengan Kombinasi Biokoagulan Sodium alginat-Koagulan Al_2SO_4 dan Advanced Oxidation Process (AOPs) dengan Fenton (Fe/H_2O_2). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3.
- Prasetya, P. E., & Saptomo, S. K. (2018). Perbandingan Kebutuhan Koagulan $Al_2(SO_4)_3$ dan PAC Untuk Pengolahan Air Bersih Di WTP Sungai Ciapus Kampus IPB Dramaga. *Bumi Lestari Journal of Environment*, 18(2), 75. <https://doi.org/10.24843/blje.2018.v18.i02.p05>
- Ramin, E., Flores-Alsina, X., Sin, G., Gernaey, K. V., Jeppsson, U., Mikkelsen, P. S., & Plósz, B. G. (2014). Influence of selecting secondary settling tank sub-models on the calibration of WWTP models - A global sensitivity analysis using BSM2. *Chemical Engineering Journal*, 241, 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.12.015>
- Rohana, H., & Purwanti, S. T. (2019). Uji Optimasi Ekstrak Daun Ipomoea Batatas L . Yang Digunakan Sebagai Flokulan Dalam Pengolahan Air Untuk Praktikum Pada Mata Kuliah Kimia Analisis Lingkungan. *Jurnal Inovasi Dan Pengelolaan Laboratorium*, 9–20.
- Said, N. I., & Hartaja, D. R. K. (2018). Pengolahan Air Lindi Dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Dan Denitrifikasi. *Jurnal Air Indonesia*, 8(1). <https://doi.org/10.29122/jai.v8i1.2380>
- Samadi, M. T., Saghi, M. H., Rahmani, A., Hasanvand, J., Rahimi, S., & Syboney, M. S. (2010). Hamadan landfill leachate treatment by coagulation-flocculation process. *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 7(3), 253–258.
- Simatupang, D. F., Saragih, G., & Siahaan, M. (2021). Pengaruh Dosis Aluminium Sulfat Terhadap Kekeruhan dan Kadar Besi Air Baku pada IPA PDAM X. *REACTOR: Journal of Research on Chemistry and Engineering*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.52759/reactor.v2i1.13>
- Takács, I., Patry, G. G., & Nolasco, D. (1991). A dynamic model of the clarification-thickening process. *Water Research*, 25(10), 1263–1271. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(91\)90066-Y](https://doi.org/10.1016/0043-1354(91)90066-Y)
- Unesi, M., Noaparast, M., Shafaei, S. Z., Jorjani, E., Moghaddam, M. Y., & Abdollahi, H. (2018). Designing Paste Thickeners for Copper Flotation Tailings, Using Bed depth Scale-up Factor. *Nanoscience and Nanotechnology*, 2(1). <https://doi.org/10.18063/nn.v2i1.378>
- Vanderhasselt, A., & Vanrolleghem, P. A. (2000). Estimation of sludge sedimentation parameters from single batch settling curves. *Water Research*, 34(2), 395–406. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(99\)00158-X](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(99)00158-X)
- Várhelyi, M., Cristea, V. M., Brehar, M., Nemeş, E. D., & Nair, A. (2019). WWTP model calibration based on different optimization approaches. *Environmental Engineering and Management Journal*, 18(8), 1657–1670. <https://doi.org/10.30638/eemj.2019.156>
- Wintgens, T., Lyko, S., Spalding, G., & Melin, T. (2014). Behaviour of Bulk and Trace Organics in a Full Scale Membrane Bioreactor for Landfill Leachate Treatment. *Proceedings of the Water Environment Federation*, 2006(7), 4781–4790. <https://doi.org/10.2175/193864706783763084>