

PENYISIHAN TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS) AIR SUNGAI DENGAN HIDRAULIS KOAGULASI FLOKULASI

Erdio Maulana Wijayanto, Aulia Ulfa Farahdiba, dan Firra Rosariawari

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
Email: erdiomln@gmail.com

ABSTRAK

Metode pengolahan yang dapat diterapkan untuk menyisihkan Total Suspended Solids (TSS) dan turbidity pada air sungai salah satunya adalah hidraulis koagulasi flokulasi. Kelebihan dari pengaduk hidraulis, diantaranya waktu detensi yang singkat, tidak memerlukan energi listrik, dan tidak menghasilkan emisi. Parshall flume dan baffle channel merupakan pengaduk yang menggunakan loncatan hidraulis (hydraulic jump) dan tumbukan air dengan sekat. Reaktor parshall flume yang digunakan memiliki ukuran lebar leher 2,54 cm, sedangkan baffle channel berkapasitas 120 liter dengan 75 sekat. Variasi variabel yang digunakan diantaranya debit 8, 10, 12 L/menit, dosis koagulan Alum 70, 80, 90, 100, 110 mg/L, dan waktu pengendapan 60, 90, 120 menit untuk mengetahui pengaruh terhadap penyisihan TSS dan turbidity. Efisiensi penyisihan kandungan TSS 84% dan turbidity 93% didapatkan pada debit 8 L/menit, dosis koagulan 80 mg/L, dan waktu pengendapan di bak penampung 120 menit. Berdasarkan hasil yang diperoleh dan analisis statistik bahwa debit, dosis koagulan, dan waktu pengendapan mempunyai korelasi dan pengaruh terhadap efisiensi penyisihan.

Kata kunci: :Parshall Flume, Baffle Channel, Hidraulis Koagulasi Flokulasi

ABSTRACT

One of processing methods which applied to removal Total Suspended Solids (TSS) and turbidity of river water is hydraulic coagulation flocculation. The advantages of using a hydraulic mixer are short detention time, using less electrical energy, and not much producing emission. Parshall flume and baffle channel is a stirrer that uses hydraulic jump and water collision with septum. Parshall flume reactor that used in this study has size throat width 2.54 cm, while the capacity of baffle channel is 120 liters with 75 baffle. The variations of variable that used are water flow rate 8, 10, 12 L/minutes, Alum coagulant dosages 70, 80, 90, 100, 110 mg/L, and settling time 60, 90, 120 minutes, to find out the effects toward the removal of TSS and turbidity. Efficiency of removal TSS concentrate for 84% and turbidity for 93% are obtained at water flow rate 8 L/minutes, coagulant dosages 80 mg/L, and settling time 120 minutes. Based on the results obtained and statistical analysis showed that the water flow rate, the coagulant dosages, and the settling time have correlations to each other and have the effects toward the efficiency removals.

Keywords: Parshall Flume, Baffle Channel, Coagulation Flocculation Hydraulic

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan pokok manusia dalam keberlangsungan hidup di bumi, terutama yang dibutuhkan adalah air tawar. Namun, kondisi air baku semakin memburuk karena beban kontaminan melebihi daya dukung lingkungan sungai.

Meningkatnya beban kontaminan terhadap sumber daya air mengakibatkan air sungai tidak dapat mereduksi kontaminan secara alamiah (*self purification*). Upaya yang dapat dilakukan untuk mereduksi kontaminan, salah satunya dengan pengolahan metode koagulasi flokulasi yang dilanjutkan pengendapan (sedimentasi).

Membangun instalasi pengolahan air kerap timbul permasalahan keterbatasan lahan dan biaya operasional yang tinggi. Sehingga upaya yang dapat digunakan dalam minimalisasi lahan dengan mendesain pengolahan secara vertikal atau disusun secara bertingkat, sedangkan upaya menekan biaya operasional dapat menggunakan pengadukan secara hidraulis yang dapat menghemat dalam penggunaan energi listrik.

Pengadukan hidraulis memanfaatkan energi dari aliran air yang termampatkan, terjunan, atau lompatan hidraulis sehingga terjadi turbulensi yang digunakan menghomogenkan koagulan dalam air pengolahan (Masduqi, 2012). Selain itu, kelebihan dari pengadukan dengan sistem hidraulis diantaranya mempunyai waktu detensi yang singkat, yakni kurang dari 5 detik, desain yang simpel, serta mudah dalam pengoperasian dan perawatannya (Al-Husseini, Ghawi, & Ali, 2018).

Penelitian ini akan membahas terkait pengolahan air bersih menggunakan *parshall flume* sebagai koagulator dan *baffle channel* sebagai flokulator. Tujuan dari penelitian ini menentukan kombinasi debit, dosis koagulan, dan waktu pengendapan yang optimal dan mengetahui efektivitas penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Turbidity* pada air sungai menggunakan koagulator dan flokulator tersebut.

METODE PENELITIAN

Peralatan

Peralatan yang digunakan diantaranya *parshall flume* dan *baffle channel* seperti terlihat pada Gambar 1 dan 3, pompa submersible, Tank kapasitas 250 Liter, Jerigen 30 Liter, bak

pengatur debit, *Stopwatch*, pH meter, Termometer, Turbidimeter, *Vacum pump*, Oven, timbangan analitik, dan peralatan gelas.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah koagulan Tawas ($Al_2(SO_4)_3$) dengan dosis 70 – 110 mg/L dan air sungai Jagir yang diambil dari lokasi pintu air Wonokromo. Hasil analisis kualitas air sungai Jagir disajikan dalam Tabel 1.

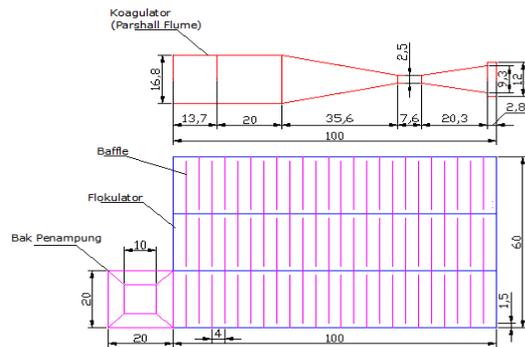
Tabel 1 Karakteristik Sungai Jagir

Parameter	Satuan	Hasil uji	Baku mutu (Permenkes No. 32 Tahun 2017)	Baku mutu (PP No. 82 Tahun 2001)
Suhu	°C	26,9	± 3 suhu udara	± 3 suhu udara
pH	-	7,8	6,5-8,5	6-9
TSS	mg/L	115	-	50
Turbidity	NTU	13,4	25	-

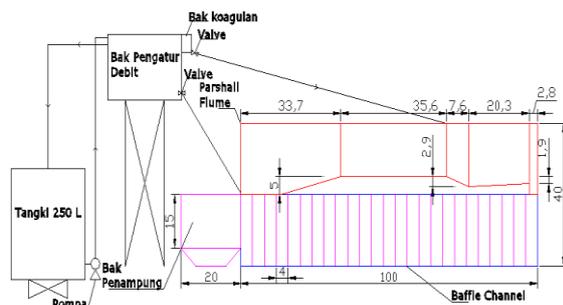
Prosedur penelitian

Air sungai Jagir diambil menggunakan jerigen berkapasitas 30 Liter sebanyak 8 buah. Saat pengambilan sampel langsung dilakukan analisis pH dan suhu. Air dalam jerigen tersebut dituang dalam tangki berkapasitas 250 L dan dilakukan pengadukan secara manual agar homogen. Kemudian untuk pembuatan larutan koagulan, yakni dengan cara menimbang tawas sesuai perhitungan yang telah dilakukan dan melarutkan dalam aquadest. Setelah semua bahan siap digunakan, dilakukan penyetelan bukaan *gate valve* pada bak pengatur debit sesuai dengan debit 8, 10, dan 12 L/menit. Penyetelan dilakukan secara manual menggunakan gelas ukur dan *stopwatch*. Pada penelitian ini dilakukan secara *batch*, *gate valve* akan ditutup setelah bak penampung penuh, atau menyesuaikan dengan waktu detensi pada perhitungan masing-masing variasi debit. Lalu dilakukan pengendapan flock pada bak pengendap dengan waktu detensi 60, 90, dan 120 menit. Waktu detensi tersebut juga digunakan sebagai waktu sampling air yang sudah diolah melalui *gate valve* pada bak penampung. Air sampel yang telah diambil diuji dengan parameter *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Turbidity* di laboratorium Teknik

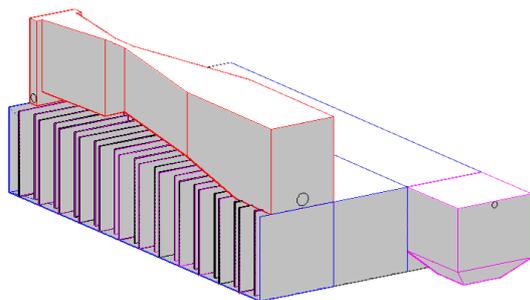
Lingkungan UPN Jatim. Skema reaktor dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1 Tampak Atas Parshall Flume dan Baffle Channel



Gambar 2 Skema Reaktor Penelitian



Gambar 3 Gambar Desain Reaktor

Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan pada setiap data yang sudah terkumpul dari hasil penelitian. Data yang didapatkan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan dalam proses analisis secara deskriptif. Setelah data tersaji, kemudian dilakukan analisis dan pembahasan mengenai penguraian, penyelidikan, ataupun evaluasi hasil yang sudah diperoleh. Dari adanya analisis tersebut akan diperoleh hasil optimum dari kombinasi variasi debit, dosis koagulan, dan waktu pengendapan. Selain itu hasil analisis juga diperkuat dengan analisis statistik

menggunakan *software* Minitab 2018 dengan melakukan uji korelasi dan ANOVA untuk mengetahui hubungan dan pengaruh variabel bebas terhadap parameter uji TSS dan *turbidity*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, didapatkan data hasil penelitian yang dapat dilihat pada tabel 2 dan 3 berikut.

Tabel 2 Pengaruh debit, dosis koagulan, dan waktu pengendapan terhadap persen penyisihan TSS

TSS (%)	60 menit					90 menit					120 menit				
	70 mg/L	80 mg/L	90 mg/L	100 mg/L	110 mg/L	70 mg/L	80 mg/L	90 mg/L	100 mg/L	110 mg/L	70 mg/L	80 mg/L	90 mg/L	100 mg/L	110 mg/L
8 /mnt	63	77	59	49	41	69	83	66	60	48	79	89	70	66	56
10 /mnt	58	69	58	44	37	67	74	65	48	42	74	83	70	57	48
12 /mnt	49	67	47	39	37	60	72	54	45	43	64	79	58	53	47

Tabel 3 Pengaruh debit, dosis koagulan, dan waktu pengendapan terhadap persen penyisihan turbidity

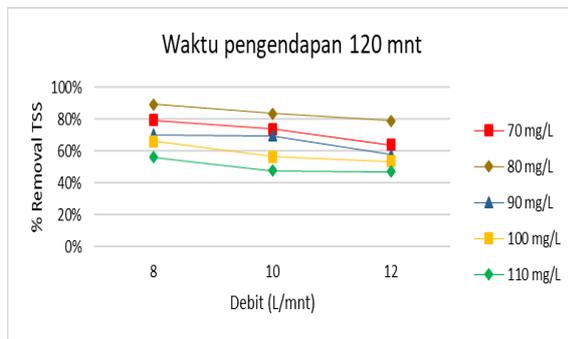
Tty* (%)	60 menit					90 menit					120 menit				
	70 mg/L	80 mg/L	90 mg/L	100 mg/L	110 mg/L	70 mg/L	80 mg/L	90 mg/L	100 mg/L	110 mg/L	70 mg/L	80 mg/L	90 mg/L	100 mg/L	110 mg/L
8 /mnt	69	84	64	47	40	76	90	68	55	45	80	93	72	60	52
10 /mnt	63	70	58	42	37	69	78	61	50	40	76	83	63	56	41
12 /mnt	54	71	52	38	32	59	77	56	43	36	63	79	61	51	41

Debit Optimal Pengolahan

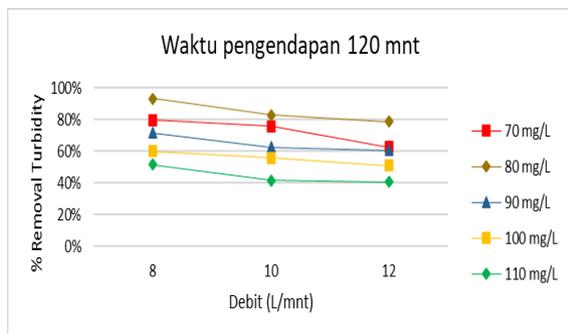
Debit optimal pengolahan dengan penyisihan TSS dan *turbidity* optimal menurut Grafik 1 dan 2 adalah 8 L/menit. Penelitian ini menunjukkan gejala yang dihasilkan pada saat pengadukan cepat, gradien kecepatan dan waktu detensi dipengaruhi oleh debit pengolahan yang digunakan.

Gejala yang terjadi berfungsi sebagai homogenisasi koagulan dengan air yang diolah. Gejala yang dihasilkan pada pengadukan cepat dipengaruhi oleh nilai bilangan Froude (NFr). Jika debit meningkat, maka bilangan Froude semakin kecil. Selain itu faktor penentu besarnya bilangan Froude, yakni kecepatan aliran dan tinggi muka air. Apabila semakin kecil kecepatan aliran dan semakin kecilnya tinggi muka air pada saat di leher maka bilangan Froude tersebut akan semakin besar. Froude pada debit 8 L/menit, yaitu 3,84. Bilangan Froude pada range antara 2,5 – 4,5 akan terdapat semburan berisolasi menyertai dasar loncatan bergerak ke permukaan dan

kembali lagi tanpa periode tertentu. Loncatan yang menyerupai gulungan ombak ini dinamakan loncatan berisolasi (Nurjanah, 2014). Pada pengadukan lambat saat debit 8 L/menit juga memiliki gradien kecepatan terkecil yaitu 14/detik dengan waktu detensi 15 menit. Hal tersebut juga mempengaruhi proses pembentukan flok, sehingga efektivitas penyisihannya juga akan meningkat.



Grafik 1 Hubungan debit terhadap penyisihan TSS



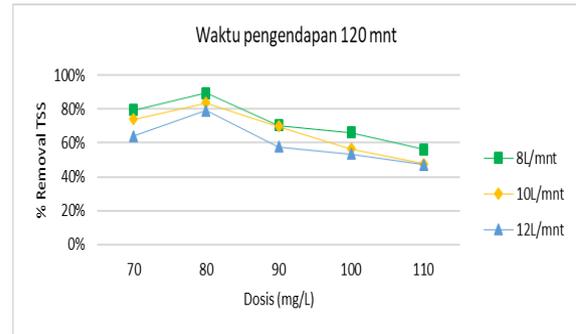
Grafik 2 Hubungan debit terhadap penyisihan Turbidity

Dosis Optimal Koagulan

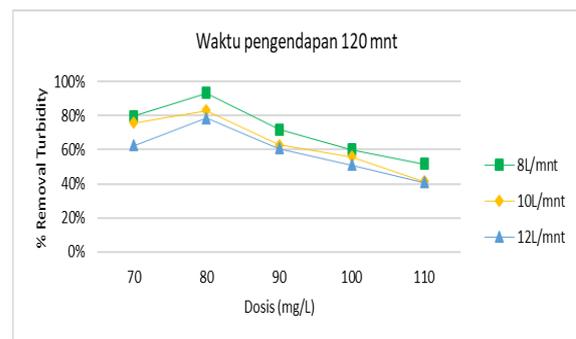
Dosis koagulan merupakan takaran yang harus diinjeksikan terhadap air baku yang akan diolah. Penentuan dosis yang digunakan harus tepat agar mendapatkan hasil pengolahan yang optimal. Penelitian ini mendapatkan hasil penyisihan yang paling optimal pada dosis 80 mg/L. Hasil penyisihan yang dihasilkan dari masing-masing dosis, selengkapnya dapat dilihat pada Grafik 3 dan 4.

Dosis optimal koagulan dipengaruhi oleh jenis koagulan yang digunakan serta karakteristik air baku yang akan diolah. Dalam penelitian ini koagulan yang digunakan adalah alum atau yang lebih dikenal tawas. Alum sering digunakan karena beberapa faktor, diantaranya mudah didapatkan di pasaran, harga yang ekonomis, dan mempunyai range pH yang

lebar. Range pH optimum yang dimiliki oleh alum ini adalah 5 – 8.

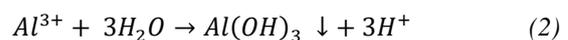


Grafik 3 Hubungan dosis koagulan terhadap penyisihan TSS



Grafik 4 Hubungan dosis koagulan terhadap penyisihan Turbidity

Pada dosis 70 mg/L persen penyisihan mengalami kenaikan hingga dosis 80 mg/L, kemudian penambahan dosis koagulan di atas 80 mg/L menyebabkan efisiensi penyisihan mengalami penurunan. Pada dosis hingga 80 mg/L efisiensi mengalami peningkatan karena disebabkan partikel yang bermuatan negatif bereaksi dengan ion positif yang didapatkan dari koagulan. Sedangkan penambahan alum di atas dosis 80 mg/L, menyebabkan ion positif dari aluminium yang dilepaskan terlalu berlebih daripada yang dibutuhkan oleh partikel koloid dalam air yang memiliki muatan negatif untuk membentuk flok. Akibatnya akan terjadi penyerapan kation yang berlebih oleh partikel koloid dalam air, sehingga partikel tersebut akan bermuatan positif dan terjadi gaya tolak-menolak antar partikel, atau dikenal sebagai deflokulasi flok. Deflokulasi flok akan menyebabkan larutan menjadi semakin keruh dan nilai turbidity air sungai menjadi meningkat (Budiman, Wahyudi, Irawan, & Hindarso, 2008).



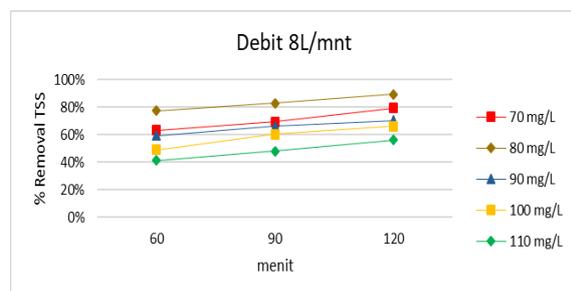
Penggunaan dosis Alum secara berlebih juga membuat pH akan semakin turun. Seperti pada persamaan 1 dan 2, Alum apabila bereaksi dengan air maka akan terbentuk asam sulfat dan endapan Aluminium hidroksida. Akibatnya pada proses flokulasi pH yang digunakan tidak masuk dalam range pH optimal yang digunakan, sehingga dapat menyebabkan persen penyisihan semakin menurun setelah mencapai dosis optimal.

Pada saat proses koagulasi flokulasi biasanya ditambahkan flokulan. Penambahan ini memiliki beberapa keuntungan, yakni berfungsi membantu mempercepat pembentukan flok flok kecil menjadi inti flok yang lebih besar sehingga mudah untuk diendapkan, menghemat penggunaan koagulan, dan menghemat waktu pengolahan.

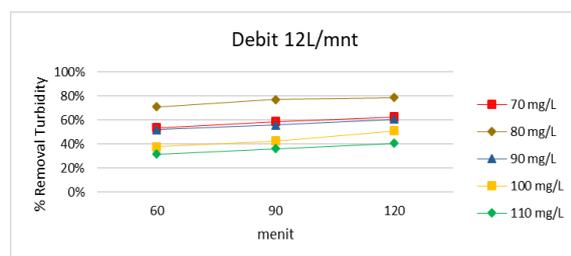
Waktu Pengendapan Optimal

Waktu pengendapan merupakan waktu yang dibutuhkan untuk flok yang telah terbentuk pada proses flokulasi untuk mengendap. Flok yang terbentuk merupakan partikel koloid maupun tersuspensi yang telah membentuk menjadi partikel yang ukurannya lebih besar dan mudah mengendap.

Waktu pengendapan di bak penampung yang optimal dalam pengolahan menurut Grafik 5 dan 6 adalah 120 menit. Efisiensi penyisihan akan semakin meningkat apabila waktu pengendapan juga terjadi peningkatan.



Grafik 5 Hubungan waktu pengendapan terhadap penyisihan TSS



Grafik 6 Hubungan waktu pengendapan terhadap penyisihan TSS

Berdasarkan grafik, waktu pengendapan optimal dalam pengolahan adalah 120 menit. Apabila semakin lama waktu pengendapan maka flok yang terbentuk dalam proses pengolahan, maka akan semakin banyak yang dapat mengendap. Sehingga waktu yang dimiliki flok untuk mengendap dan memisahkan dari air hasil olahan semakin lama, hal tersebut mengakibatkan peningkatan persen penyisihan.

Waktu pengendapan akan mempengaruhi volume bak sedimentasi yang akan digunakan, jika semakin lama waktu pengendapan yang digunakan maka semakin besar volume yang digunakan. Volume bak yang semakin besar akan membutuhkan lahan yang luas, namun masalah keterbatasan lahan sering terjadi dalam penerapan di lapangan. Sehingga dalam penerapan di lapangan memerlukan beberapa pertimbangan dalam memutuskan lama waktu pengendapan.

Efektivitas *Parshall Flume* dan *Baffle Channel*

Parshall flume yang digunakan sebagai pengaduk cepat dalam penelitian ini mendapatkan hasil penyisihan yang optimal pada debit 8 L/menit. Dalam debit tersebut memiliki gradien kecepatan (G) 2427/detik, bilangan Champ (Gtd) 176,1 nilai bilangan Reynold (NRe) 8683, nilai bilangan Froude (NFr) 3,84, dan ketinggian loncatan hidraulis pada hilir 0,0134 m. Pada debit tersebut memiliki bilangan Froude paling tinggi. Nilai bilangan Froude yang semakin besar akan menghasilkan loncatan hidraulis seperti gelombang ombak. Loncatan hidraulis (*hydraulic jump*) yang terjadi pada *parshall flume* karena aliran yang mula-mula superkritis pada bagian leher *parshall flume* berubah menjadi subkritis pada bagian hilir *parshall flume*. Debit yang semakin besar akan menyebabkan nilai bilangan Froude akan menurun dan ketinggian loncatan hidraulis akan naik. Sehingga dari kondisi tersebut profil air akan semakin tinggi dan ketinggian slope pada leher semakin rendah yang menyebabkan berkurangnya gejala air akibat loncatan hidraulis. Bilangan Froude dan ketinggian loncatan hidraulis mempengaruhi proses pengadukan cepat yang akan berdampak pada homogenitas koagulan dengan air yang diolah. Selain itu tipe aliran yang terjadi pada saat pengadukan cepat merupakan aliran turbulen ($NRe > 4000$). Loncatan hidraulis

yang terjadi pada proses koagulasi dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4 Loncatan Hidraulik pada *Parshall Flume*

Sedangkan pada pengaduk lambat menggunakan *baffle channel*, pada debit 8 L/menit juga mempunyai penyisihan yang optimal. Dalam debit tersebut memiliki waktu detensi 15 menit, gradien kecepatan (G) 14 /detik, dan nilai bilangan Reynold (NRe) 1147. Pada debit tersebut memiliki gradien kecepatan dan NRe terkecil, selain itu tipe aliran dengan Nre tersebut termasuk dalam aliran laminar ($NRe < 2000$). Apabila ditinjau dari waktu detensi, debit tersebut juga memiliki waktu yang paling lama. Sehingga dalam kondisi tersebut flok yang terbentuk akan lebih besar dan mudah diendapkan.

Dalam penelitian yang telah dilakukan, kombinasi variasi yang optimal untuk penyisihan TSS dan *turbidity* dengan air baku sungai Jagir di Wonokromo dari reaktor ini, yakni menggunakan debit 8 L/menit, dosis koagulan 80 mg/L, dan waktu pengendapan 120 menit. Dalam variasi itu berhasil menyisihkan TSS 89% dan *turbidity* 93%. Sedangkan hasil penelitian yang dilakukan (Lindu, 2010) menggunakan reaktor koagulasi flokulasi dengan *baffle channel* dan menggunakan koagulan alum mendapatkan efisiensi penyisihan TSS 88,89% dan *turbidity* 77,14%.

KESIMPULAN

Penggunaan parshall flume dengan ukuran leher 2,54 cm (1 inchi) dalam penyisihan TSS dan *turbidity* air Sungai Jagir di Wonokromo didapatkan debit optimal 8 L/menit dengan waktu sampling 120 menit. Debit tersebut memiliki gradien kecepatan (G) 2427 /detik, bilangan Froude (NFr) 3,84 dan bilangan Reynold (NRe) 8683, dalam proses pengadukan cepat akan berpengaruh terhadap tingkat homogenisasi koagulan dengan air yang diolah. Sedangkan dosis koagulan yang optimal dalam

pengolahan ini, yakni 80 mg/L. Pembubuhan dosis yang berlebih menyebabkan kondisi air tersebut kembali menjadi stabil sehingga TSS dan *turbidity* kembali meningkat.

Efektivitas yang diperoleh pengadukan secara hidraulik dengan menggunakan parshall flume dan *baffle channel*, berhasil menyisihkan 84% parameter TSS dan 93% parameter *turbidity*. Efektivitas penyisihan yang didapat tersebut dapat ditingkatkan dengan penambahan flokulan sebagai pengikat inti-inti flok sehingga flok halus tersebut dapat diendapkan. Selain itu jenis koagulan yang digunakan mempengaruhi hasil penyisihan.

SARAN

1. Peneliti selanjutnya dapat memvariasikan variabel lain, seperti jenis koagulan, penambahan flokulan, dan membandingkan sistem batch dengan continue.
2. Peneliti selanjutnya juga dapat melanjutkan dengan penambahan bak sedimentasi dengan kriteria desain yang ada.
3. Pada saat terjunan perlu diperhatikan dan pertimbangkan faktor lain, seperti terjunan yang dapat dimanfaatkan sebagai proses Aerasi.
4. Perhatikan desain dan perancangan bagian bawah leher Parshall Flume.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memeberikan arahan dan ilmunya serta semua pihak terkait yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Husseini, T. R., Ghawi, A. H., & Ali, A. H. (2018). Performance of hydraulic jump rapid mixing for enhancement of turbidity removal from synthetic wastewater: A comparative study. *Journal of Water Process Engineering*, (March), 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.03.005>
- Budiman, A., Wahyudi, C., Irawan, W., & Hindarso, H. (2008). Kinerja Koagulan Poly Aluminium Chloride (Pac)Dalam Penjernihan Air Sungai Kalimas Surabaya

Menjadi Air Bersih. *Widya Teknik*, 7, 25–34. Retrieved from <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/47062/4/Chapter II.pdf>

Lindu, M. (2010). the Effects of Gradient Velocity and Detention Time To Coagulation – Flocculation of Dyes and Organic Compound in Deep Well Water. *Indonesian Journal of Chemistry*, 8(2), 146–150.

<https://doi.org/10.22146/ijc.21616>

Masduqi, A. F. A. (2012). *Satuan Operasi*. Surabaya: ITS Press.

Nurjanah, R. A. D. (2014). *Analisis Tinggi Dan Panjang Loncat Air Pada Bangunan Ukur Berbentuk Setengah Lingkaran*. 2(3). Retrieved from ejournal.unsri.ac.id/index.php/jtsl/article/view/1357/pdf