

PENYISIHAN TDS DAN KEKERUHAN MENGGUNAKAN PNEUMATIC RAPID MIXING DAN BAFFLE CHANNEL PADA AIR SUNGAI DAN LIMBAH LAUNDRY

Farras Naufal Zingga, Firra Rosariawari, dan Edi Mulyadi

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Email: firra.tl@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan seluruh makhluk hidup. Dewasa ini pencemaran badan air oleh limbah domestik sampai pada tahap yang mengkhawatirkan. Limbah domestik yang langsung dibuang ke badan air dapat mencemari badan air, untuk itu perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Salah satu unit pengolahan yang terdapat pada proses pengolahan air adalah koagulasi dan flokulasi. Koagulasi pneumatik dan flokulasi menggunakan saluran bersekat dapat dijadikan alternatif pada sistem pengolahan air dimana dapat menyisihkan kandungan terlarut total dan kekeruhan pada cairan. Variasi pada penelitian ini yaitu diameter pipa (0,056 m, 0,031 m, dan 0,021 m), gradien kecepatan (700 detik⁻¹, 850 detik⁻¹, dan 1000 detik⁻¹) dan juga perbedaan viskositas yang didapat dari bahan baku air sungai dan limbah laundry. Hasil penelitian menunjukkan koagulasi pneumatik dan flokulasi menggunakan saluran bersekat optimum pada variasi diameter pipa koagulasi 0,021 m dan gradien kecepatan koagulasi sebesar 1000 detik⁻¹, dimana mampu menyisihkan TDS hingga 78,9% dan kekeruhan 90% pada air sungai, serta 79,9% TDS dan 93,4% kekeruhan pada air limbah laundry.

Kata Kunci : *Koagulasi, Flokulasi, Pengadukan Cepat Pneumatik, Pengadukan Lambat Saluran Bersekat, Diameter Pipa, Viskositas, Gradien kecepatan.*

ABSTRACT

Water is a natural resource that is needed by all living things. At present the pollution of water bodies by domestic waste has reached an alarming stage. Domestic waste that is directly discharged into water bodies can pollute water bodies, so it is necessary to do treatment first. One of the treatment units found in the water treatment process is coagulation. Pneumatic coagulation and Baffle Channel can be used as an alternative to water treatment systems where it can be remove total dissolved solids and turbidity in liquid. Variations used in this study are the diameter of the pipe (0.056 m, 0.031 m and 0.021 m), the velocity gradient (700 seconds⁻¹, 850 seconds⁻¹, and 1000 seconds⁻¹) and also the difference in viscosity obtained from raw water river and laundry wastewater. The results showed optimum pneumatic coagulation and flocculation using baffle channel at 0.021 m diameter pipe in coagulation variations and a velocity gradient of coagulation in 1000 seconds⁻¹, which can remove TDS up to 78.9% and 90% turbidity in river water, and also 79.9% TDS and 93.4% turbidity in laundry wastewater.

Keywords: *Coagulation, Flocculation, Pneumatic Rapid Mixing, Slow Mixing Baffle Channel, Pipe Diameter, Viscosity, Velocity Gradient*

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan untuk hajat hidup orang banyak dan seluruh makhluk hidup. Oleh karena itu, sumber daya air harus dilindungi agar dapat dimanfaatkan dengan baik oleh manusia serta makhluk hidup yang lain. (Effendi 2003). Dewasa ini pencemaran badan air oleh limbah domestik sampai pada tahap yang mengkhawatirkan. Limbah domestik yang langsung dibuang ke badan air dapat mencemari badan air dan merusak ekosistem di perairan tersebut. Selain dari kegiatan sehari-hari warga, limbah domestik juga dihasilkan dari usaha jasa *laundry* yang saat ini sudah menjamur dimana-mana. Perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu pada limbah sebelum dilakukan pembuangan ke badan air. Koagulasi merupakan proses destabilisasi partikel koloid dan partikel tersuspensi termasuk bakteri dan virus melalui penetralan muatan elektriknya untuk mengurangi gaya tolak menolak antar partikel. Faktor mutlak yang harus terdapat pada proses koagulasi adalah pengadukan cepat yang berfungsi untuk mencampurkan koagulan dengan destabilisasi partikel. (Kawamura 2000).

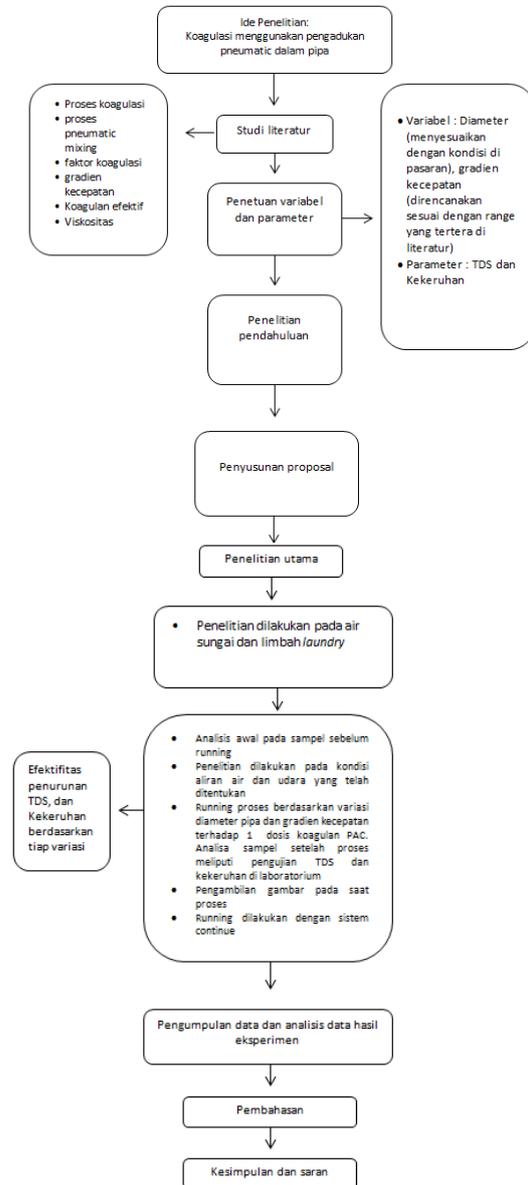
Pengadukan pneumatik adalah pengadukan yang menggunakan tekanan udara sebagai tenaga penggerak. Udara yang diinjeksi ke dalam air akan menimbulkan turbulensi, yang disebabkan oleh lepasnya gelembung udara ke permukaan air. Aliran udara yang diinjeksi harus mempunyai tekanan yang cukup besar sehingga mampu menggerakkan dan menekan air. Semakin besar tekanan udara yang diinjeksi ke dalam air, semakin besar turbulensi yang terjadi. (Masduqi and Assomadi 2012).

Penerapan koagulasi pneumatik di dalam pipa merupakan jenis aliran dua fase, dimana aliran air bercampur dengan udara. Pada aliran jenis ini, terdapat beberapa hal yang menjadi faktor pendukung yaitu bilangan *reynolds*, viskositas, dan *head loss* yang juga memberikan pengaruh pada proses koagulasi di dalam pipa ini.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dilakukan penelitian tentang efektifitas proses koagulasi menggunakan pengadukan pneumatik untuk menurunkan kandungan TDS dan kekeruhan pada air baku dan air limbah, khususnya air baku yang berasal dari sungai

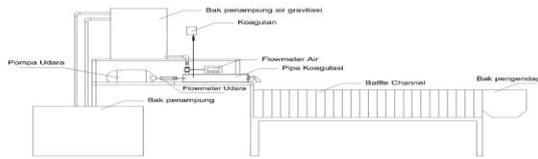
dan limbah *laundry*. Sehingga dapat diketahui besar efektifitas koagulasi yang dihasilkan dengan menggunakan metode pengadukan pneumatik.

METODE PENELITIAN
Kerangka Penelitian



Gambar-1: Kerangka Penelitian

Rangkaian Reaktor



Gambar-2: Rangkaian Reaktor

1. Bak Penampung Air sebelum Proses digunakan sebagai tempat penyimpanan air baku sebelum proses koagulasi.
2. Pipa Koagulasi
Pipa yang digunakan menggunakan bahan akrilik bening dengan tujuan untuk mengamati proses turbulensi serta percampuran koagulan dengan air baku.
3. Bak Flokulasi
Model Baffle Channel digunakan untuk merubah aliran turbulen dari proses koagulasi sebelumnya, menjadi aliran laminar.
4. Bak pengendap
Bak pengendap berbentuk persegi digunakan untuk mengendapkan air baku yang telah melewati proses koagulasi dan flokulasi.
5. Bak koagulan
Bak koagulan digunakan untuk menampung koagulan sebelum dicampurkan ke dalam pipa koagulasi.
6. Pompa air
Pompa air digunakan untuk mengalirkan air dari bak penampung air menuju ke pipa koagulasi.
7. Pompa Udara
Berguna untuk menginjeksikan udara sebagai tenaga pengaduk ke dalam pipa koagulasi. Pompa harus memiliki kemampuan suplai udara sesuai perhitungan agar terjadi proses turbulensi di dalam pipa koagulasi.
8. Bak Penampung air gravitasi
Bak penampung air dengan cara gravitasi digunakan untuk mempermudah pengaturan debit air.
9. Flowmeter
Flowmeter digunakan untuk melihat besaran debit air dan udara apakah sudah sesuai atau belum sehingga proses injeksi air dapat efektif.

Proses Koagulasi-Flokulasi-Pengendapan secara *continue*

Proses Koagulasi-Flokulasi-Pengendapan dilakukan dengan sistem *continue* dengan tujuan untuk menentukan pengaruh perbedaan diameter pipa serta gradien kecepatan. Adapun penambahan koagulan dilakukan sesuai dosis yang dibutuhkan. Percobaan pada proses Koagulasi-Flokulasi-Pengendapan dilakukan dengan menggunakan tiga pipa akrilik berbeda ukuran diameter, perbedaan debit udara digunakan untuk memberikan variasi pada gradien kecepatan untuk mendapatkan hasil uji efektifitas penurunan TDS dan kekeruhan. Adapun tahapan kerjanya adalah sebagai berikut :

1. Perangkaian Reaktor
2. Persiapan alat dan bahan
3. Uji awal TDS, Kekeruhan, pH dan suhu sebelum running
4. Persiapan reaktor
5. Proses running
6. Pengambilan sampel
7. Uji TDS, Kekeruhan, pH dan suhu setelah running
8. Pencatatan hasil

Variabel Penelitian

Variabel Tetap

- a. Jenis Cairan :
Air sungai
limbah Laundry
- b. Jenis Koagulan : PAC 25 mg/l
- c. Waktu Koagulasi : 1-5 Detik
- d. Waktu Flokulasi : minimal 10 Menit
- e. Waktu Pengendapan: 30 menit
- f. Panjang Pipa : 200 cm

Variabel Bebas

- a. Diameter pipa dan debit aliran air :

Tabel-1: Debit Aliran Air

Cairan	Diameter Pipa m	Debit aliran air	
		m ³ /detik	l/menit
Air Sungai	0,056	0,00020	12
	0,031	0,000111	6,6
	0,021	0,000075	4,5
Limbah Laundry	0,056	0,00020	12
	0,031	0,000132	7,9
	0,021	0,000090	5,3

- b. Gradien Kecepatan dan debit udara
 Gradien kecepatan ditetapkan sebesar 700 detik^{-1} , 850 detik^{-1} dan 1000 detik^{-1} dengan kondisi debit udara sebagai berikut:

Tabel-2: Debit Udara

Cairan	Diameter Pipa	Gradien Kecepatan	Debit udara
	m	Detik-1	l/min
Air Sungai	0,056	700	19,4
		850	28,6
		1000	39,6
	0,031	700	5,9
		850	8,8
		1000	12,1
	0,021	700	2,7
		850	4,0
		1000	5,6
Limbah Laundry	0,056	700	16,2
		850	23,9
		1000	33,1
	0,031	700	5,0
		850	7,3
		1000	10,1
	0,021	700	2,3
		850	3,4
		1000	4,7

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Baku

Tabel-3: Hasil Analisa Awal

Bahan Baku	Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu
Air Sungai	Suhu	26,8 °C	± 3 suhu udara
	pH	7,5	6-9
	TDS	847 mg/l	500 mg/l
	Kekeruhan	17 NTU	5 NTU
Limbah Laundry	Suhu	27 °C	± 3 suhu udara
	pH	8,7	6-9
	TDS	700 mg/l	500 mg/l
	Kekeruhan	40 NTU	5 NTU

Air sungai yang digunakan diperoleh dari sungai Wonorejo, Surabaya, Jawa Timur. Untuk limbah laundry, sampel diambil di laundry daerah Berbek, Waru, Sidoarjo, Jawa Timur.

Karakteristik Aliran tiap Bangunan

Pada bangunan pengolahan air bersih, sebuah bangunan harus dilakukan perencanaan yang baik guna mengoptimalkan hasil dari pengolahan. Hal ini bertujuan agar air yang diolah dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Zona Inlet

Zona inlet berbentuk bak circular yang berguna untuk menampung air sungai dan limbah laundry sebelum masuk ke proses koagulasi. Terdapat dua bak pada zona ini, dimana bak pertama diletakkan pada bagian bawah lalu bak kedua diletakkan pada bagian atas. Penggunaan kedua bak ini bertujuan untuk memudahkan dalam proses pemindahan cairan, dimana cairan dari bak pertama pada bagian bawah akan dialirkan ke atas menggunakan pompa menuju bak kedua. Pada bak kedua menuju zona koagulasi, pengaliran menggunakan gaya gravitasi dimana debit diatur menggunakan bukaan valve dan flowmeter. Adapun debit aliran air adalah sebagai berikut:

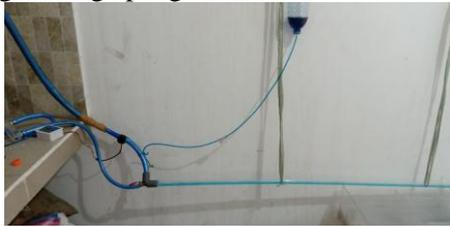
Tabel-4: Karakteristik Aliran Zona Inlet

Jenis Cairan	Diameter Pipa Koagulasi	Debit Aliran Air	
		m ³ /detik	l/menit
Air Sungai	0,056	0,00020	12
	0,031	0,00011	6,6
	0,021	0,000075	4,5
Limbah Laundry	0,056	0,00020	12
	0,031	0,000132	7,9
	0,021	0,000090	5,3

Zona Koagulasi

Zona ini merupakan tempat dimana pengadukan cepat terjadi. Pengadukan cepat bertujuan untuk mencampurkan koagulan

dengan bahan baku. Pada penelitian ini, jenis koagulasi yang digunakan berupa pneumatic rapid mixing dimana menggunakan udara sebagai tenaga pengadukan.



Gambar-3: Uji Homogenitas menggunakan Zat Warna

Untuk mengetahui apakah pada zona koagulasi dapat melakukan pengadukan, maka dilakukan uji homogenitas dengan menggunakan larutan pewarna. Dimana pada gambar 4.12 dapat terlihat zat pewarna dapat tercampur dengan baik. Adapun persyaratan yang harus dipenuhi pada pengadukan cepat yaitu gradien kecepatan harus lebih dari 700 detik^{-1} dan aliran harus turbulen dengan nilai bilangan reynolds > 4000 . Variabel gradien kecepatan diperoleh dari kontrol pada debit udara. Hal ini juga menyebabkan perbedaan pada nilai bilangan reynolds yang dihasilkan seperti pada tabel berikut ini:

Tabel-5: Karakteristik Aliran Zona koagulasi

Cairan	Diameter pipa m	Gradien kecepatan detik^{-1}	Debit udara l/min	Rebtp	Headloss m
Air Sungai	0,056	700	19,4	5209	0,0031
		850	28,6	5241	0,0051
		1000	39,6	5281	0,0082
	0,031	700	5,9	5181	0,0095
		850	8,8	5197	0,0142
		1000	12,1	5217	0,0210
	0,021	700	2,7	5171	0,0219
		850	4,0	5181	0,0304
		1000	5,6	5194	0,0424
Limbah Laundry	0,056	700	16,2	6235	0,0024
		850	23,9	6265	0,0038
		1000	33,1	6304	0,0060
	0,031	700	5,0	6208	0,0077

Cairan	Diameter pipa m	Gradien kecepatan detik^{-1}	Debit udara l/min	Rebtp	Headloss m
		850	7,3	6223	0,0111
		1000	10,1	6243	0,0161
	0,021	700	2,3	6198	0,0184
		850	3,4	6208	0,0248
		1000	4,7	6220	0,0335

Pada penelitian yang dilakukan dengan pipa berdiameter 0,021 m, nilai *headloss* yang diperoleh sebesar 0,0424 pada air sungai dan 0,0335 pada limbah *laundry* dengan running menggunakan gradien kecepatan 1000 detik^{-1} . *Headloss* tiap diameter pipa dapat diamati pada tabel 4.5. Proses koagulasi yang dilakukan di dalam pipa juga menyebabkan waktu proses menjadi lebih singkat, dimana waktu tinggal berkisar antara 5 detik hingga 10 detik.

Zona Flokulasi

Zona flokulasi merupakan zona dimana pengadukan lambat terjadi. Pada bangunan ini, terjadi perubahan aliran dimana pada proses koagulasi aliran berupa tubulen dan pada proses flokulasi aliran berjenis laminar. Hal ini bertujuan agar cairan yang sebelumnya sudah terjadi destabilisasi partikel dapat terjadi pembentukan flok yang lebih besar sehingga lebih mudah untuk diendapkan pada proses selanjutnya. Pada proses flokulasi, nilai gradien tidak lebih dari 50 detik^{-1} dan bilangan reynolds harus < 2100 yang berada pada aliran laminar.

Tabel-6: Karakteristik Aliran Zona Flokulasi

Jenis Cairan	Debit m^3/detik	Td (Waktu) menit	Kecepatan m/detik	N_{re} Detik^{-1}	N_{FR}
Air Sungai	0,00020	10	0,025	918	0,0178
	0,000111	18	0,014	509	0,0099
	0,000075	23,8	0,011	385	0,0075
Limbah Laundry	0,00020	10	0,025	1094	0,0178
	0,000132	15,2	0,017	722	0,0118
	0,00009	22,2	0,011	492	0,0080

Bilangan Froude pada bangunan flokulasi yang bernilai < 1 menunjukkan aliran subkritis, yaitu

kondisi aliran lambat. Hal ini sesuai dengan tujuan flokulasi yaitu menciptakan aliran yang lambat atau tenang, sehingga flok dapat menggumpal dengan ukuran yang lebih besar dan mempermudah pada proses pengolahan air. Waktu tinggal memiliki peranan penting pada proses flokulasi, dimana persyaratan waktu tinggal untuk proses koagulasi yaitu minimal 10 menit. Semakin lama waktunya maka proses penggumpalan flok akan lebih baik (Masduqi and Assomadi 2012).

Zona Penampung Endapan

Zona penampung endapan berguna untuk mengendapkan flok-flok yang telah terbentuk dari proses sebelumnya. Zona penampung endapan tidak didesain dengan kriteria yang ada, dikarenakan apabila disesuaikan dengan kriteria disain maka dimensi akan sangat besar. Meskipun tidak didesain sesuai ukuran yang seharusnya, namun karakteristik aliran harus tetap diperhatikan. Aliran pada zona penampung endapan memiliki nilai bilangan froude <1 atau subkritis yang dimana aliran berjenis laminar. Aliran laminar harus dipertahankan karena apabila aliran kembali menjadi turbulen, maka flok-flok yang sebelumnya telah menggumpal akan pecah kembali dan cairan akan kembali menjadi keruh, sehingga proses koagulasi dan flokulasi yang telah dilakukan tidak optimal. Besar bilangan froude dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut ini:

Tabel-7: Karakteristik Aliran Zona Penampungan Endapan

Jenis Cairan	Diameter pipa pada proses koagulasi	Debit aliran air	Kecepatan	Bilangan Froude (N_{fr})
	m	m ³ /detik	m/detik	
Air Sungai	0,056	0,00020	0,025	0,0160
	0,031	0,000111	0,014	0,0089
	0,021	0,000075	0,011	0,0067
Limbah Laundry	0,056	0,00020	0,025	0,0160
	0,031	0,000132	0,017	0,0105
	0,021	0,000090	0,011	0,0072

Proses Pengadukan

Variasi diameter pipa pada penelitian ini bertujuan untuk memberikan perbedaan pada besaran volume pengadukan. Pipa dengan diameter lebih besar berpengaruh pada ukuran volume pengadukan yang lebih besar dan juga debit yang lebih besar. Hal ini juga berpengaruh pada kecepatan aliran dalam reaktor pipa dimana kecepatan aliran pada pipa terbesar akan semakin cepat yang akan berpengaruh pada proses pengadukan.

Penggunaan dua cairan yang berbeda berupa air sungai dan limbah laundry bertujuan untuk memberikan variasi pada viskositas. Dimana pada air sungai viskositasnya lebih besar daripada limbah laundry. Hal ini memiliki pengaruh pada pergerakan aliran, dimana semakin tinggi viskositas maka pergerakan akan semakin rendah (Sridayanti, 2017). Viskositas juga berdampak pada nilai bilangan reynolds, dimana pada aliran yang memiliki viskositas tinggi maka pergerakan akan lebih sulit sehingga berdampak pada nilai bilangan reynolds yang lebih rendah. Pada proses koagulasi, semakin besar bilangan reynolds maka akan semakin baik dikarenakan tingkat turbulensi yang semakin tinggi. Limbah laundry memiliki nilai bilangan reynolds yang lebih besar dibandingkan dengan air sungai dikarenakan viskositas yang lebih rendah.

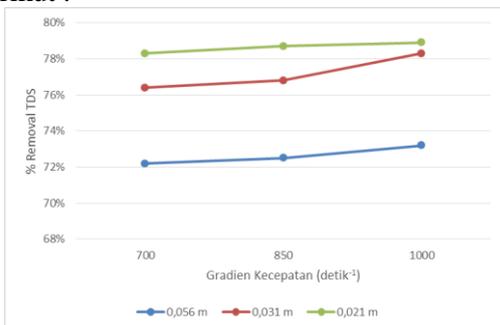
Gradien kecepatan memiliki peranan yang penting karena jika nilainya tidak memenuhi maka pencampuran tidak akan maksimal. Besar gradien kecepatan juga menimbulkan pengaruh pada power atau tenaga pengadukan yang dibutuhkan. Semakin besar gradien kecepatan maka kebutuhan power atau tenaga pengadukan akan semakin besar pula.

Faktor seperti diameter pipa, viskositas dan gradien kecepatan memiliki pengaruh terhadap proses pengadukan, karena menimbulkan perbedaan power atau tenaga pengadukan yang dibutuhkan. Pada penelitian kali ini, proses running atau pelaksanaan penelitian mengalami kekeliruan pada pengaturan debit aliran air melalui bukaan valve. Besar bukaan valve untuk pengaturan debit seharusnya mengikuti perhitungan debit dari hasil perencanaan, namun pada pelaksanaan penelitian di laboratorium, debit diatur tersendiri dan tidak menyesuaikan debit reaktor. Hal ini perlu menjadi perhatian penting

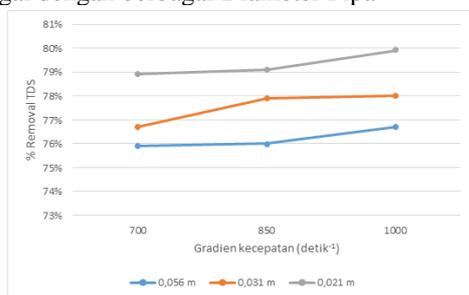
pada saat penelitian selanjutnya, agar penelitian menjadi lebih efektif serta dapat dilakukan pembahasan lebih lanjut mengenai variabel diameter pipa.

Pengaruh Gradien Kecepatan Terhadap Penyisihan TDS dan Kekeruhan

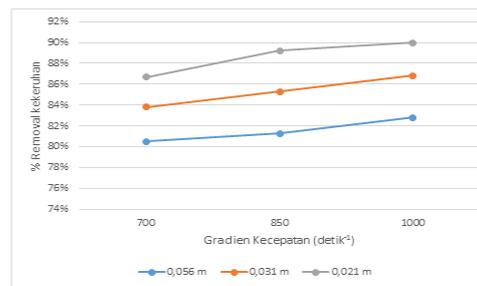
Gradien kecepatan merupakan faktor penting pada proses koagulasi, dimana kriteria gradien kecepatan pada proses koagulasi berkisar antara 700 detik^{-1} –1000 detik^{-1} Koagulasi akan terjadi apabila gradien kecepatan nya sesuai, jika tidak sesuai maka koagulasi akan sulit untuk terjadi. Pada koagulasi *pneumatic*, gradien kecepatan dapat disesuaikan dengan mengatur debit udara (Masduqi & Assomadi, 2012). Adapun pengaruh gradien kecepatan pada penyisihan TDS dan kekeruhan digambarkan pada grafik berikut :



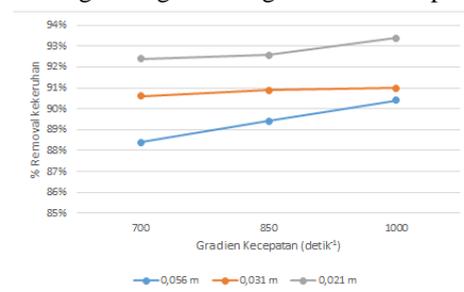
Grafik-1: Hubungan antara Gradien Kecepatan (detik^{-1}) terhadap Penyisihan TDS (%) pada Air Sungai dengan berbagai Diameter Pipa



Grafik-2: Hubungan antara Gradien Kecepatan (detik^{-1}) terhadap Penyisihan TDS (%) pada Limbah Laundry dengan berbagai Diameter Pipa



Grafik-3: Hubungan antara Gradien Kecepatan terhadap Penyisihan Kekeruhan (%) pada Air Sungai dengan berbagai Diameter Pipa

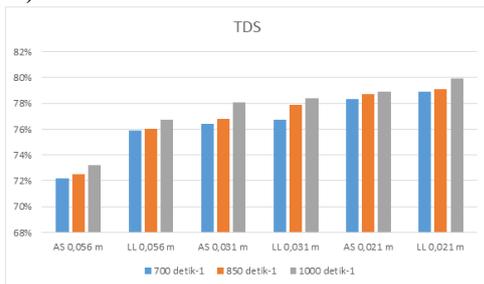


Grafik-4: Hubungan antara Gradien Kecepatan terhadap Penyisihan Kekeruhan (%) pada Limbah Laundry dengan berbagai Diameter Pipa

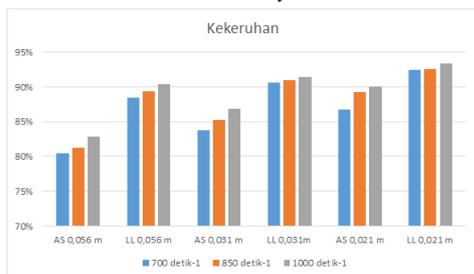
Debit udara bereperan penting pada proses koagulasi dengan metode *pneumatic* ini. Semakin besar debit udara yang diinjeksikan, maka nilai gradien kecepatan yang diperoleh akan semakin besar. Gradien kecepatan yang semakin besar memiliki pengaruh terhadap nilai bilangan reynolds. Gradien kecepatan dengan nilai 1000 detik^{-1} memiliki kemampuan terbaik untuk menyisihkan TDS dan kekeruhan. Pada air sungai, penyisihan TDS berada pada rentang penyisihan 73,2% hingga 78,9 % serta kekeruhan berada pada rentang penyisihan 82,8% hingga 90 % . Persentase penurunan pada limbah *laundry* lebih besar dimana persen removal TDS berkisar antara 76,7% hingga 79,9% dan kekeruhan berada pada rentang penyisihan 90,4% hingga 93,4%

Pengaruh Viskositas Terhadap Penyisihan TDS dan Kekeruhan Pada *Pneumatic Rapid Mixing*

Penggunaan bahan baku uji berupa air sungai dan limbah *laundry* bertujuan untuk mendapatkan variasi viskositas. Pada pengujian viskositas menggunakan viskometer ostwald, diperoleh nilai viskositas air sungai sebesar 0,000872 Ns/m² sedangkan pada limbah *laundry*, viskositas yang diperoleh sebesar 0,00073 Ns/m². Viskositas limbah *laundry* lebih rendah daripada air sungai dikarenakan air yang memiliki kandungan detergen lebih banyak akan lebih encer dan massa jenisnya bertambah, hal ini menyebabkan air akan mengalir lebih cepat sehingga memiliki nilai viskositas yang lebih rendah (Aji & Suparno : 2016)



Grafik-5: Pengaruh Viskositas Terhadap Penyisihan TDS Pada Air Sungai dan Limbah *Laundry*



Grafik-6: Pengaruh Viskositas Terhadap Penyisihan Kekeruhan Pada Air Sungai dan Limbah *Laundry*

Terlihat pada grafik bahwa limbah *laundry* mengalami penyisihan TDS dan kekeruhan yang lebih baik dibandingkan air sungai. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan viskositas memberikan pengaruh pada proses koagulasi dan flokulasi.

Efektifitas Koagulasi *Pneumatic Rapid Mixing* dan *Baffle Channel* untuk menyisihkan TDS dan kekeruhan

Metode *Pneumatic rapid mixing* yang digunakan pada penelitian ini mendapatkan

hasil penyisihan yang optimal pada variasi diameter pipa 0,021 m dan gradien kecepatan 1000 detik⁻¹ pada air sungai maupun air limbah *laundry*. Hal ini dikarenakan pada diameter pipa 0,021 m, *headloss* yang diperoleh paling besar yaitu 0,0424 pada air sungai dan 0,0335 pada limbah *laundry*. Nilai bilangan reynolds dari aliran air dan udara berada pada angka 5194 di air sungai dan 6220 pada limbah *laundry*. Limbah *laundry* memiliki nilai bilangan reynolds yang lebih tinggi dibandingkan air sungai dikarenakan viskositas yang dimiliki limbah *laundry* lebih rendah daripada viskositas yang dimiliki oleh air sungai. Dari perhitungan rumus ReBPT, diketahui bahwa penambahan udara dalam jumlah banyak hanya menambah sedikit turbulensi, oleh sebab itu pada proses *pneumatic rapid mixing* menggunakan reaktor berbentuk pipa, *headloss* juga memiliki peran penting dimana semakin besar *headloss* maka persen penyisihan yang didapatkan akan semakin besar.

TDS dapat tersisihkan hingga 78,9 % pada air sungai dan 79,9% pada limbah *laundry*. Penyisihan kekeruhan mencapai 90% pada air sungai dan mencapai 93,4% pada limbah *laundry*. Hal ini menunjukkan koagulasi *pneumatic rapid mixing* dan *baffle channel* dapat digunakan sebagai alternatif pengolahan air, baik air bersih maupun air limbah.

Pada proses koagulasi menggunakan *pneumatic rapid mixing*, terdapat beberapa hal yang menjadi kendala atau kekurangan dibandingkan dengan koagulasi menggunakan proses hidrolis atau mekanis. Power yang lebih besar diperlukan untuk menjalankan reaktor, bergantung terhadap listrik, harus teliti dalam mengatur debit udara, rawan terjadi kobocoran pada aliran udara serta menimbulkan bunyi yang berasal dari aerator atau pompa udara. Terlepas dari beberapa kekurangannya, proses koagulasi menggunakan *pneumatic rapid mixing* memiliki keunggulan dimana proses pengadukan dapat lebih cepat dan pencampuran koagulan yang lebih merata. Sehingga, proses koagulasi menggunakan *pneumatic rapid mixing* dapat dijadikan alternatif pilihan pada tahapan pengolahan air.

KESIMPULAN

1. Gradien kecepatan dan viskositas memiliki pengaruh pada proses pengadukan, dimana dapat menyebabkan perbedaan nilai bilangan reynolds. Penyisihan TDS dan kekeruhan pada air sungai dan limbah *laundry* optimal pada gradien kecepatan 1000 detik⁻¹.
2. Efektifitas yang diperoleh pada proses koagulasi menggunakan *pneumatic rapid mixing* dan flokulasi menggunakan *baffle channel* mampu menyisihkan TDS dan kekeruhan pada air sungai hingga masing-masing 78,9% dan 90%. Sedangkan pada limbah *laundry*, TDS mampu berkurang hingga 79,9% dan kekeruhan berkurang sampai dengan 93,4%
3. Terdapat kekeliruan pada pengaturan debit aliran air saat running di laboratorium, dimana hasil perencanaan dan saat proses penelitian kurang sesuai, sehingga untuk variasi diameter pipa kurang bisa diamati secara lebih detail pengaruhnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, R. A. S. A. R., & Suparno, S. (2016). Teknik Penyaringan Limbah Cair Laundry dengan menggunakan Sistem FAS (Filtrasi, Absorpsi dan Sedimentasi). *E-Journal Fisika*, 5(4), 213-221
- Effendi, H. (2003). Telaah kualitas air, bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan. Yogyakarta, Kanisius.
- Kawamura, S. (2000). Integrated design and operation of water treatment facilities, John Wiley & Sons.
- Masduqi, A. and A. F. Assomadi (2012). Operasi dan proses pengolahan air, Surabaya: ITS Press.
- Sridayanti, G. (2017). Studi perbandingan viskositas saos sambal aneka merk produk. *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 5(2), 43-48