

EFEKTIVITAS PENAMBAHAN PAC SEBAGAI PENGOLAHAN AWAL DENGAN FLOTASI UNTUK MENURUNKAN FOG, BOD SERTA TSS MENGGUNAKAN KOMBINASI KOAGULASI PADA LIMBAH KAWASAN INDUSTRI NGORO PERSADA

Haryo Bimo Herlambang dan Euis Nurul Hidayah

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

ABSTRAK

Pada proses pengolahan air limbah, telah banyak dikembangkan teknik-teknik yang menampilkan suatu unit yang dapat meremoval partikel-partikel atau flok flok yang cenderung sulit mengendap, dimana dengan menggunakan unit pengendap masih kurang efektif. Unit flotasi merupakan salah satu alternatif yang dapat dipertimbangkan, karena unit flotasi mempunyai beberapa keuntungan dibanding unit pengendap. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan serta efektifitas unit flotasi pada kandungan minyak lemak dan TSS serta BOD dengan adanya pengaruh koagulan PAC serta resirkulasi. Dari hasil penelitian diperoleh, penurunan kandungan minyak lemak, TSS dan BOD terbaik adalah pada rasio resirkulasi 100% dengan penambahan koagulan sebesar 15ppm yaitu dengan persentase penurunan minyak lemak sebesar 75,00%, persentase penurunan TSS sebesar 81,48%. Dan persentase penurunan BOD sebesar 85,33%.

Kata Kunci: Flotasi, Laju Aliran, Resirkulasi, Minyak-Lemak (FOG), Total Padatan Tersuspensi (TSS), Biological Oxygen Demand (BOD)

ABSTRACT

Many techniques have been developed in wastewater treatment process which features a unit that can remove particles or flocs that tend to be difficult to settle, in which using a settling unit is less effective. This research aims to determine the reduction and the effectiveness of flotation units on the fat oil content, TSS, and BOD in the presence of the influence of PAC coagulants and recirculation. The result of this research shows that the best reduction in fat oil, TSS, and BOD content is at a recirculation ratio of 100% with the addition of a coagulant of 15ppm in which the percentage of reduction in fat oil is 75.00%, the percentage reduction in TSS is 81.48%, and the percentage reduction in BOD is 85.33%.

Keywords: Flotation, Flow Rate, Recirculation, Fat-Oil (FOG), Total Suspended Solids (TSS), Biological Oxygen Demand (BOD).

PENDAHULUAN

Proses yang dilakukan untuk memisahkan zat satu dengan zat yang lainnya dalam suatu cairan atau larutan tertentu yang dipisahkan menurut perbedaan sifat permukaan dari partikel atau zat yang akan diurai disebut dengan flotasi. Dalam ilmu pengolahan limbah, penggunaan flotasi adalah sebagai peremoval minyak dan lemak pada air buangan suatu industri. Secara harfiah bangunan flotasi merupakan suatu zat yang bersifat padat, cair atau zat pelarut yang bersifat non-polar yang mengapung pada permukaan larutan dengan cara menempel serta terikat pada zat memiliki sifat hidrofobik. Gelembung gas merupakan sebuah contoh yang memiliki jumlah massa jenis lebih kecil apabila dibandingkan dengan massa jenis air. Dalam kehidupan sehari-hari proses pengolahan unit flotasi banyak digunakan oleh peneliti karena prosesnya yang cukup mudah serta memiliki efektivitas yang baik sehingga dapat menghasilkan pemisahan antara minyak dan air yang optimal

Jenis flotasi yang sering dan umum digunakan oleh peneliti adalah *Dissolved Air Flotation* (DAF) yaitu suatu metode dengan menggunakan gelembung udara untuk membantu proses penguraian dan pemisahan zat atau bahan yang menjadi bahan pencemar dari air. Dengan bantuan gelembung udara maka dapat membantu untuk mengangkat padatan akan mengapung ke permukaan air.

Metode ini memiliki kegunaan sebagai pemisah partikel dengan zat padatan yang memiliki diameter kecil. Contohnya yaitu gelembung-gelembung minyak yang telah terdispersi pada badan air. Udara atau *Air Supply* tersebut diinjeksi menggunakan pipa atau selang yang kemudian dikeluarkan melalui lubang pada pipa atau selang pada tekanan atmosfer yang telah ditentukan, sehingga udara yang keluar tersebut berupa udara yang berbentuk gelembung dalam ukuran mikro atau nano. Akibatnya volume *pressure* udara yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan air. Secara otomatis, gelembung udara akan naik menuju keatas permukaan air serta membawa partikel sisa yang terangkat. Dengan demikian partikel minyak yang berukuran halus akan terdispersi dan ikut bersaaman dengan gelembung udara yang terangkat pula. Lalu proses penginjeksian

gelembung udara melalui struktur air limbah yang telah tercampur dengan partikel minyak yang terdispersi akan lebih mempercepat proses terangkatnya minyak menuju lapisan air. Maka dari itu dengan menggunakan metode DAF dinilai lebih mampu untuk mempercepat proses penguraian minyak dan air.

Dissolved Air Flotation pada saat *pressure* mampu mencapai 4 -5 atm mampu menghasilkan jumlah total padatan tersuspensi sebesar 3000 mg/L, sehingga ketika tekanan 6 atm didapatkan, total padatan tersuspensi mampu mencapai sebesar 500 mg/L.

Kemudian adapun dari penelitian ini memiliki pengaruh resirkulasi menyatakan bahwa hasil penyisihan parameter BOD rata-rata dengan menggunakan R sebesar 0,25 adalah 79,41%, untuk R sejumlah 0,5 adalah 83,11% dan R sejumlah 1 adalah 66,08% dan untuk TSS efisiensi dari penyisihannya secara rata - rata untuk 0,25 adalah 82,06%, 0,5 adalah 83,38% dan 1 adalah 78,07%. Perbedaan efisiensi yang disebabkan karena air hasil pengolahan mengalami resirkulasi kembali, sehingga berat beban di hidrolis pada reaktor mengalami perubahan. Dari nilai yang didapatkan melalui efisiensi dapat disimpulkan pada rasio resirkulasi 0,5 terjadi penyisihan BOD dan TSS secara optimal. Hal ini terjadi karena dilakukannya proses resirkulasi pada biomassa kembali ke reaktor cukup optimum untuk menguraikan BOD serta TSS yang terkandung dalam air limbah domestik. (Nusa I. Said dan Kristianti Utomo, 2007).

Penambahan koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) sebelum proses flotasi umumnya dilakukan untuk menambah kejenuhan pada proses penggumpalan partikel, sehingga partikel akan mencapai batas optimum, kemudian dengan banyaknya flok yang terbentuk akibat koagulan maka akan lebih mudah membuat massa jenis partikel tersebut menjadi kecil dan mengangkat partikel tersebut (Nora Idiawati dkk, 2013). Berdasarkan penelitian mengenai penurunan parameter BOD dan TSS pada pengolahan limbah perendaman karet, menunjukkan dalam proses koagulasi penambahan PAC mampu menurunkan BOD dari konsentrasi awal dengan jumlah sebesar 720 mg/L menjadi 14,29 mg/L dengan penambahan PAC 8g/L dengan efektivitas

sebesar 98%. Sedangkan untuk parameter TSS didapatkan 24mg/L dari TSS awal sebesar 474 mg/L, dengan efektivitas removal sebesar 94,9 % pada penggunaan PAC sebesar 4 mg/L. Penelitian tersebut tidak menggunakan proses flotasi (Riskawanti, 2016).

Berdasarkan pada penelitian terdahulu, penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui dan mendapatkan efisiensi dari penambahan koagulan PAC sebagai pengolahan awal proses flotasi dalam menyisihkan minyak-lemak, BOD, TSS. Penelitian ini akan menggunakan limbah dari kawasan pengolahan limbah terpusat dengan konsentrasi minyak-lemak awal sekitar 30-40 mg/L, BOD sekitar 1000-1500 mg/L, TSS sekitar 400-500 mg/L. Penelitian ini akan menggunakan variasi dosis PAC pada proses koagulasi dan variasi resirkulasi pada proses flotasi. Data yang dihasilkan akan dianalisis dengan menggunakan efisiensi persen penyisihan.

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat :

1. Valve/keran
2. DAF (*Dissolve Air Flotation*)
3. Kompresor
4. Bak penampung
5. Bak outlet
6. Selang bening
7. pompa

Bahan :

1. Air Limbah Kawasan Industri Ngoro Persada
2. Koagulan *Poly Alumunium Chloride*

Desain Reaktor:

Keterangan:

1. Bak Pengumpul
2. Bak Pengatur Debit
- 3 Koagulasi
4. Flotasi
5. Bak penampung 2
6. Kompresor

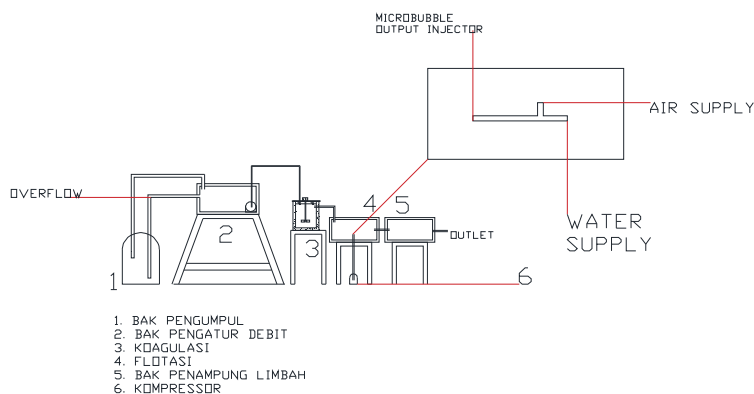
B. Prosedur Kerja:

1. Menyiapkan limbah industri dari inlet IPAL Ngoro Indusri Persada

Tabel -1 Analisa Awal

No	Parameter	Hasil
1	FOG	250 mg/L
2	TSS	28,7 mg/L
3	BOD	14,2 mg/L

2. Limbah dialirkan ke dalam bak penampung menggunakan pompa.
3. Bak penampung diberi *outlet* untuk *overflow* kemudian dialirkan dengan pipa *overflow* kembali ke bak penampung *Overflow*.
4. Bak penampung limbah diletakkan lebih tinggi pada bagian bawah diberi keran untuk mengatur debit limbah yang mengalir ke dalam bak koagulasi.
5. Jumlah debit air limbah diatur 300.ml/menit
6. Volume PAC dalam bak koagulasi diatur .ppm
7. Dari bak koagulasi menuju bak flotasi, jumlah resirkulasi pada bak flotasi yang masuk diatur 0,5, 0,75, dan 1 dengan cara mengatur pada valve yang terletak pada selang.
8. Ambil sampel pada bak penampung dan diuji kadar minyak dan lemak, BOD, TSS di laboratorium



Gambar -1 Desain Reaktor

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Awal

Penelitian ini menggunakan sample air limbah kawasan industri dikawasan Ngoro persada. Analisis awal dilakukan untuk bertujuan mengetahui karakteristik dari air limbah

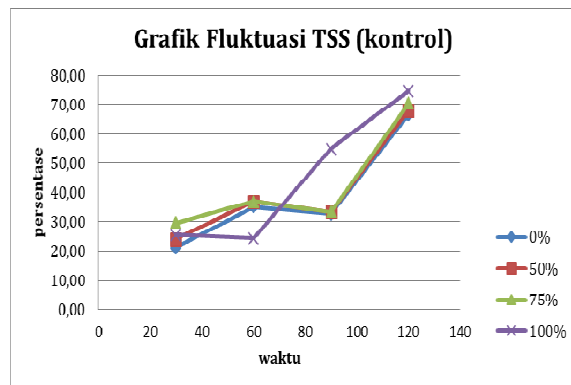
Analisis karakter awal ini adalah FOG (fat and oil, grease), TSS (Total Suspended Solid) dan BOD (Biological Oxygen Demand) sebagai parameter utama yang diuji dalam penelitian ini. Berikut analisis karakteristik air limbah di kawasan industry Ngoro yang dapat dilihat pada tabel 1.

“EFEKTIVITAS PENAMBAHAN PAC SEBAGAI PENGOLAHAN AWAL DENGAN FLOTASI...”
(HARYO BIMO HERLAMBAANG DAN EUIS NURUL HIDAYAH)

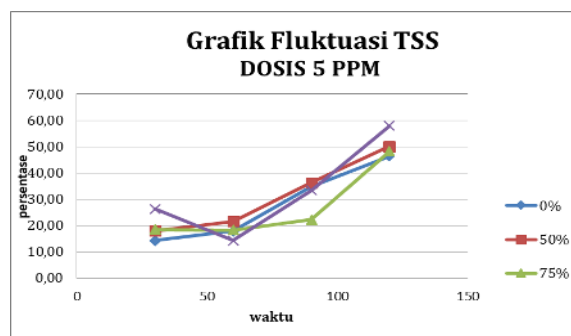
B. Pengaruh resirkulasi dan dosis koagulan PAC terhadap penurunan TSS

Berdasarkan tabel yang ada dibawah ini menunjukkan proses flotasi dengan perbandingan resirkulasi 50%, 75%, dan 100% tanpa penambahan koagulan PAC dan dengan penambahan koagulan PAC.

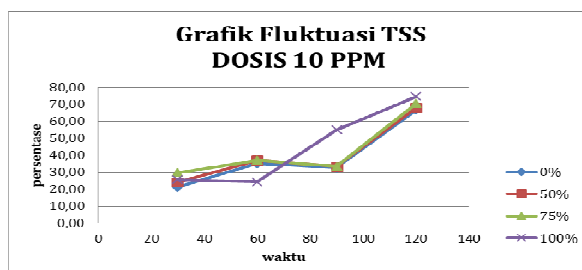
Pada proses floatasi dengan resirkulasi 0%, 50%, 75% dan 100% menunjukkan penurunan TSS sebesar 8,33%-81,48%. Selanjutnya dengan dukungan proses koagulasi sebagai pengolahan awal, yaitu dengan penambahan dosis koagulan PAC 5 ppm besarnya penurunan konsentrasi TSS berkisar antara 14,29%-57,89%, dosis 10 ppm besarnya penurunan konsentrasi TSS berkisar antara 21,20,-74,55% pada dosis 15 ppm besarnya penurunan konsentrasi TSS berkisar antara 12,54%-81,48%.



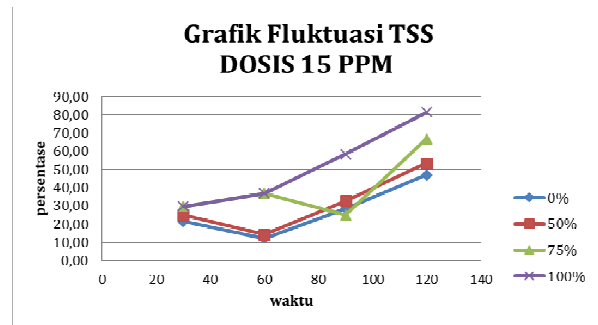
Gambar -1 Grafik Fluktuasi TSS (control)



Gambar -2 Grafik Fluktuasi TSS 5 ppm



Gambar -3 Grafik Fluktuasi TSS 10ppm



Gambar -4 Grafik Fluktuasi TSS 15ppm

Beberapa hal yang dapat dijelaskan dari hasil penelitian ini bahwa tanpa penambahan koagulan atau proses floatasi saja mampu menyisihkan TSS kurang dari 50% dan dengan rasio resirkulasi 75% menunjukkan hasil yang lebih optimal jika dibandingkan dengan rasio 100%.

Hal ini kemungkinan karena pada resirkulasi 100% mengandung padatan tersuspensi yang ukurannya sangat kecil dan bersifat stabil sehingga sulit disisihkan oleh gelembung udara saja. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk mengikat partikel tersuspensi tersebut dengan penambahan koagulan. Hal ini dapat dilihat dari hasil penelitian dengan penambahan dosis koagulan PAC 5, 10, 15 ppm.

Hasil menunjukkan bahwa pengolahan awal dengan proses koagulasi dengan penambahan dosis koagulan PAC memiliki kemampuan mendukung kinerja proses flotasi untuk menurunkan TSS mencapai 58% pada dosis koagulan PAC 5 ppm, 75% dengan dosis PAC 10 ppm dan 82% dengan dosis PAC 15 ppm, pada saat resirkulasi 100%. Penambahan dosis koagulan PAC yang mengikat partikel tersuspensi maka efektifitas dari flotasi semakin meningkat. Semakin tinggi nilai rasio resirkulasi, akan diikuti dengan semakin tingginya jumlah gelembung yang dilepaskan ke bak flotasi, yang kemudian gelembung akan menyebabkan percampuran yang akan meningkatkan koneksi agregat antara partikel dengan gelembung sehingga meningkatkan kinerja pengolahan (Edzwald, 2010). Penurunan nilai TSS ini diikuti oleh bertambahnya resirkulasi yang berlaku untuk semua debit.

Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi resirkulasi dan koagulan PAC dapat mempengaruhi penurunan kandungan TSS pada proses flotasi, dengan semakin besar

dosis PAC maka semakin baik pula persentase penurunan removal pada TSS.

C. Pengaruh resirkulasi dan dosis koagulan PAC terhadap penurunan FOG.

Berdasarkan hasil dari Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8, menunjukkan proses flotasi dengan perbandingan resirkulasi 50%, 75%, dan 100% tanpa penambahan koagulan PAC dan dengan penambahan koagulan PAC. Pada proses floatasi dengan resirkulasi 50%, 75% dan 100% menunjukkan penurunan minyak dan lemak sebesar 31%-75%.

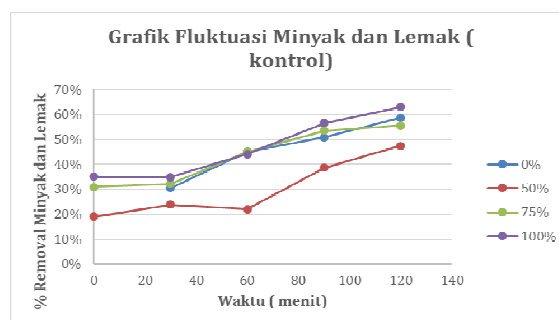
Selanjutnya dengan dukungan proses koagulasi sebagai pengolahan awal, yaitu dengan penambahan dosis koagulan PAC 5 ppm besarnya penurunan konsentrasi minyak dan lemak berkisar antara 25%-66%, dosis 10 ppm besarnya penurunan konsentrasi minyak dan lemak berkisar antara 26%-73% pada dosis 15 ppm besarnya penurunan konsentrasi minyak dan lemak berkisar antara 38%-75%.

Beberapa hal yang dapat dijelaskan dari hasil penelitian ini bahwa tanpa penambahan koagulan atau proses flotasi saja mampu menyisahkan minyak dan lemak kurang dari 63% dan dengan rasio resirkulasi 100% menunjukkan hasil yang lebih optimal jika dibandingkan dengan rasio resirkulasi lainnya. Tidak semua padatan minyak serta lemak dapat tersisahkan. Maka dari itu diperlukan sebuah upaya untuk dapat mengikat partikel minyak dan lemak tersebut dengan cara menambahkan koagulan dan bekerja dengan baik. Hal ini dapat disimpulkan dengan melihat dari hasil penelitian dengan melakukan penambahan dosis koagulan PAC 5, 10, 15 ppm.

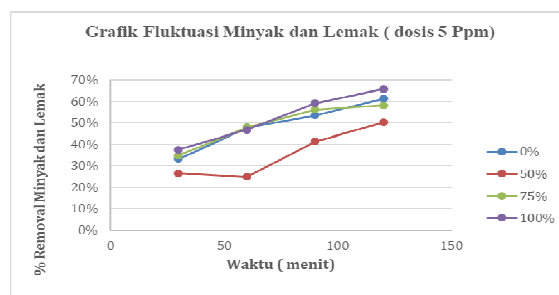
Hasil menunjukkan bahwa pengolahan awal dengan proses koagulasi dengan penambahan dosis koagulan PAC memiliki kemampuan mendukung kinerja proses flotasi untuk menurunkan minyak dan lemak mencapai 66% pada dosis koagulan PAC 5 ppm, 73% dengan dosis PAC 10 ppm dan 75% dengan dosis PAC 15 ppm, pada saat resirkulasi 100%.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kemampuan flotasi untuk penurunan minyak dan lemak dapat dicapai hingga lebih dari 75% saat resirkulasi 100% dan dengan

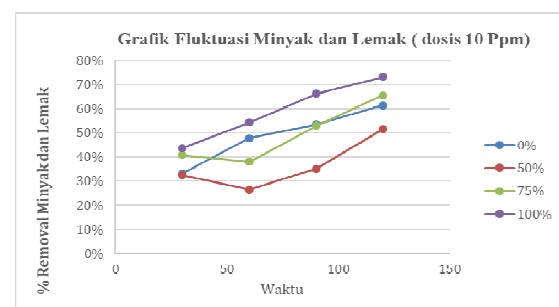
adanya dosis koagulan yang mengikat maka efektifitas dari flotasi itu meningkat. Penambahan dosis koagulan PAC yang mengikat partikel tersuspensi maka efektifitas dari flotasi semakin meningkat. Semakin tinggi nilai rasio resirkulasi, akan diikuti dengan semakin tingginya jumlah gelembung yang dilepaskan ke bak flotasi, yang kemudian gelembung akan menyebabkan percampuran yang akan meningkatkan koneksi agregat antara partikel dengan gelembung sehingga meningkatkan kinerja pengolahan (Edzwald, 2010).



Gambar -5 Grafik Fluktuasi FOG (control)

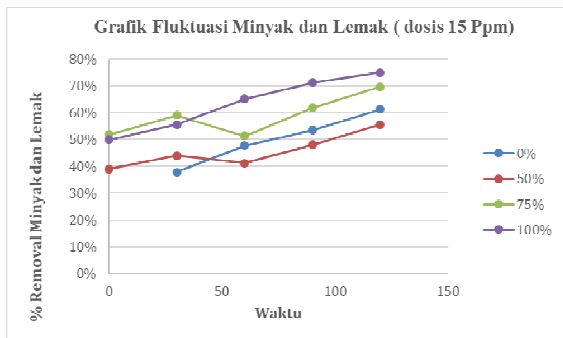


Gambar -6 Grafik Fluktuasi FOG (5ppm)



Gambar -7 Grafik Fluktuasi FOG (10ppm)

“EFEKTIVITAS PENAMBAHAN PAC SEBAGAI PENGOLAHAN AWAL DENGAN FLOTASI...”
(HARYO BIMO HERLAMBAANG DAN EUIS NURUL HIDAYAH)



Gambar -8 Grafik Fluktuasi FOG (15 ppm)

Beberapa hal yang dapat dijelaskan dari hasil penelitian ini bahwa tanpa penambahan koagulan atau proses flotasi saja mampu menyisahkan minyak dan lemak kurang dari 63% dan dengan rasio resirkulasi 100% menunjukkan hasil yang lebih optimal jika dibandingkan dengan rasio resirkulasi lainnya. Tidak semua padatan minyak serta lemak dapat tersisahkan. Maka dari itu diperlukan sebuah upaya untuk dapat mengikat partikel minyak dan lemak tersebut dengan cara menambahkan koagulan dan bekerja dengan baik. Hal ini dapat disimpulkan dengan melihat dari hasil penelitian dengan melakukan penambahan dosis koagulan PAC 5, 10, 15 ppm.

Hasil menunjukkan bahwa pengolahan awal dengan proses koagulasi dengan penambahan dosis koagulan PAC memiliki kemampuan mendukung kinerja proses flotasi untuk menurunkan minyak dan lemak mencapai 66% pada dosis koagulan PAC 5 ppm, 73% dengan dosis PAC 10 ppm dan 75% dengan dosis PAC 15 ppm, pada saat resirkulasi 100%.

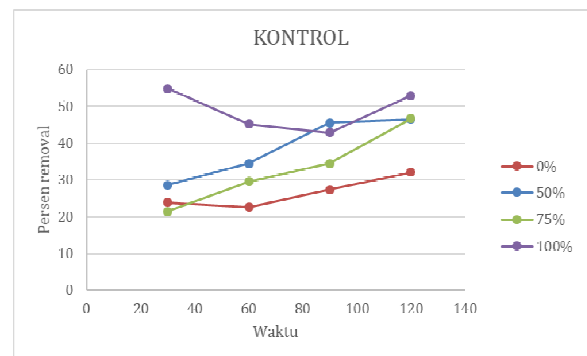
Hasil tersebut menunjukkan bahwa kemampuan flotasi untuk penurunan minyak dan lemak dapat dicapai hingga lebih dari 75% saat resirkulasi 100% dan dengan adanya dosis koagulan yang mengikat maka efektifitas dari flotasi itu meningkat. Penambahan dosis koagulan PAC yang mengikat partikel tersuspensi maka efektifitas dari flotasi semakin meningkat. Semakin tinggi nilai rasio resirkulasi, akan diikuti dengan semakin tingginya jumlah gelembung yang dilepaskan ke bak flotasi, yang kemudian gelembung akan menyebabkan percampuran yang akan meningkatkan koneksi agregat antara partikel dengan

gelembung sehingga meningkatkan kinerja pengolahan (Edzwald, 2010).

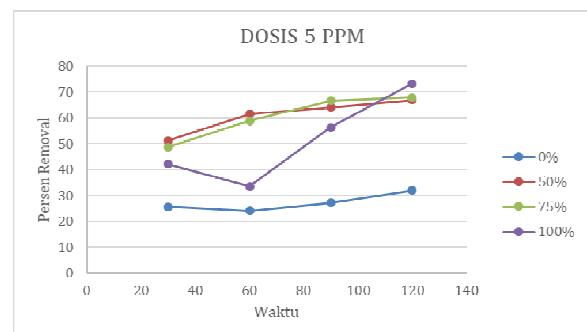
D. Pengaruh resirkulasi dan dosis koagulan PAC terhadap penurunan BOD.

Berdasarkan dari hasil yang dijelaskan pada grafik dibawah yang menunjukkan proses flotasi dengan perbandingan resirkulasi 50%, 75%, dan 100% tanpa penambahan koagulan PAC dan dengan penambahan koagulan PAC. Pada proses flotasi dengan resirkulasi 50%, 75% dan 100% menunjukkan penurunan BOD sebesar 22,61%- 85,33%.

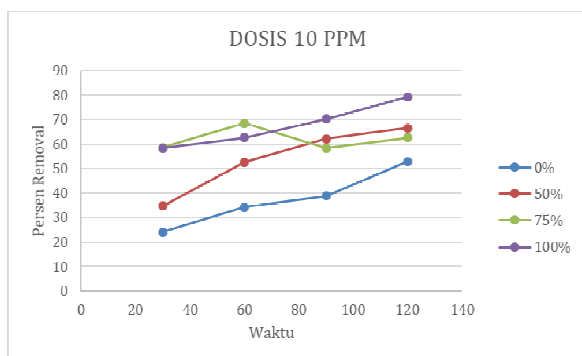
Selanjutnya dengan dukungan proses koagulasi sebagai pengolahan awal, yaitu dengan penambahan dosis koagulan PAC 5 ppm besarnya penurunan konsentrasi BOD berkisar antara 24,10%-73,33%, dosis 10 ppm besarnya penurunan konsentrasi BOD berkisar antara 24,21%-79,21% pada dosis 15 ppm besarnya penurunan konsentrasi BOD berkisar antara 57,7%-85,33%



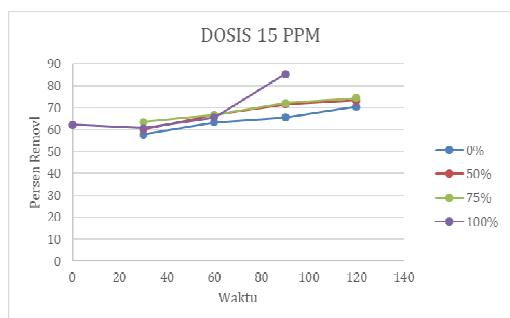
Gambar -9 Grafik Fluktuasi BOD (control)



Gambar -10 Grafik Fluktuasi BOD (5ppm)



Gambar -11 Grafik Fluktuasi BOD (10ppm)



Gambar -12 Grafik Fluktuasi BOD (15ppm)

Beberapa hal yang dapat dijelaskan dari hasil penelitian ini bahwa tanpa penambahan koagulan atau proses flotasi saja mampu menyisihkan BOD kurang dari 43% dan dengan rasio resirkulasi 100% menunjukkan hasil yang lebih optimal jika dibandingkan dengan rasio resirkulasi lainnya. Konsentrasi bahan organik dalam air limbah terolah masih tinggi, oleh karena itu diperlukan upaya untuk menyisihkan kandungan bahan organik tersebut dengan penambahan koagulan. Dengan demikian dapat dilihat bahwa dari hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan melakukan penambahan dosis koagulan PAC 5, 10, 15 ppm. Hasil menunjukkan bahwa pengolahan awal dengan proses koagulasi dengan penambahan dosis koagulan PAC memiliki kemampuan mendukung kinerja proses flotasi untuk menurunkan BOD mencapai 73% pada dosis koagulan PAC 5 ppm, 79% dengan dosis PAC 10 ppm dan 85% dengan dosis PAC 15 ppm, pada saat resirkulasi 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kemampuan flotasi untuk penurunan minyak dan lemak dapat dicapai hingga mencapai 85% saat resirkulasi 100% dan dengan adanya dosis koagulan yang mengikat maka efektifitas dari flotasi itu meningkat. Penambahan dosis koagulan PAC yang mengikat komponen bahan organik yang terkandung dalam padatan tersuspensi, dapat

membantu kinerja proses flotasi agar semakin meningkat. Semakin tinggi nilai rasio resirkulasi, akan diikuti dengan semakin tingginya jumlah gelembung yang dilepaskan ke bak flotasi, yang kemudian gelembung akan menyebabkan percampuran yang akan meningkatkan koneksi agregat antara partikel dengan gelembung sehingga meningkatkan kinerja pengolahan (Edzwald, 2010).

KESIMPULAN

diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses flotasi dengan adanya pengaruh fluktuasi koagulan dan resirkulasi dalam mengolah limbah cair NGORO PERSADA memiliki efektifitas yang berbeda-beda dalam menyisihkan beban pencemar minyak lemak, BOD dan TSS .
2. Ratio resirkulasi yang optimum pada berbagai variasi konsentrasi awal minyak lemak, BOD dan TSS adalah ratio resirkulasi 100% karena mampu mengoptimalkan hasil removal dan koagulan yang mampu mengoptimalkan hasil adalah 15 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- Armedi, J. 2010, *Penyisihan BOD5, COD dan TSS Limbah Cair Tahu dengan Kombinasi Koagulasi-Flokulasi dan Ultrafiltrasi*, Universtias Riau, Pekanbaru.
- Atima, W., 2014. "BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah". *Jurnal Biology & Education*.
- Benjamin, M. M. (2002). *Water Chemistry*. Boston: McGraw-Hill.
- Ebeling, J. M. dan Ogden S. R. 2004. *Application of Chemical Coagulation Aids for the Removal of Suspended Solids (TSS) and Phosphorus from the Microscreen Effluent Discharge of an Intensive Recirculating Aquaculture System*. *North American Journal of Aquaculture* 66:198-207.
- Eckenfelder, W.W., 2002. "Industrial Water Pollution Control", Edisi Ketiga, McGraw-Hill Inc., Sydney.
- Fuadi A, Munawar, Mulyani. (2013). *Penentuan Karakteristik Air Waduk Dengan Metode Koagulasi*. *Jurnal Reaksi (Journal of Science and Technology)*. Vol. 11 No. 1. Hlm 7-14.

“EFEKTIVITAS PENAMBAHAN PAC SEBAGAI PENGOLAHAN AWAL DENGAN FLOTASI...”
(HARYO BIMO HERLAMBAANG DAN EUIS NURUL HIDAYAH)

- Gebbie, Peter (2005), “*A Dummy’s Guide to Coagulants*”, 68th Annual Water Industry Engineers and Operators, Conference Schweppes Centre, Bendigo.
- Ginting, P., 2007, “*Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*”. Wrama Widya. Jakarta.
- Herlina, N., Ginting M.H.S. (2002). *Lemak dan Minyak*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara.
- Metcalf; Eddy, 1991., “*Wastewater engineering: Treatment, disposal, and reuse, 3rd*”, Mc-Graw Hill, Inc., New York.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan atau Usaha Kegiatan Lainnya.
- Rahayu, Driyanti. (2007). *Produksi Polihidroksialkanoat Dari Air Limbah Industri Tapioka dengan Sequencing Batch Reaktor*. Bandung: Universitas Padjadjaran.
- Ramadhani, S., Sutanahaji, A. T., dan Rahadi, B. 2013. *Perbandingan Efektivitas Tepung Biji kelor (Moringa oleifera Lamk), PAC (Poly Aluminium Chloride), dan Tawas sebagai Koagulan untuk Air Jernih*. Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis da Biosistem. No. 1, Vol. 1.
- Risdianto, Dian (2007), “*Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. Sido Muncul)*”, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sholichin, M., 2012. “*Pengelolaan air limbah: Proses pengolahan air limbah tersuspensi*”, Jurusan Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya,
- Sperling, M.V., 2007, “*Activated sludge and aerobic biofilm reactor*”, Department of Sanitary and Environment Engineering, Federal University of Minas Gerais, Brazil,.
- Sillanpaa, M., & Matilainen, A. (2015). NOM Removal by Coagulation. Dalam M. Sillanpaa, *Natural Organic Matter In Water Characterization and Treatment Methods* (hal. 55-80). Finland: Elseiver.