

Kajian Kinerja Teknis Proses dan Operasi Unit Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Kedunguling PDAM Sidoarjo

Achmad Chamdan dan Alfian Purnomo

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: alfian_p@enviro.its.ac.id

Abstrak—Salah satu instalasi pengolahan air (IPA) yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah IPA Kedunguling PDAM Sidoarjo. Dalam proses dan pengoperasian IPA Kedunguling, terdapat permasalahan yang cukup penting dikarenakan pembubuhan koagulan tanpa perhitungan dahulu (perkiraan) sehingga tidak tercapai dosis optimum. Meninjau dari permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan kajian efisiensi proses dan operasi pada unit koagulasi-flokulasi-sedimentasi. Analisa proses dalam unit koagulasi-flokulasi-sedimentasi didapatkan dari hasil penelitian penentuan dosis optimum koagulan menggunakan metode jar test serta mengukur parameter air yaitu kekeruhan, pH air dan waktu pengendapan. Koagulan yang dipakai adalah *Poly Aluminium Chloride* (PAC). Sedangkan, analisa sistem operasionalnya didapatkan dari membandingkan antara hasil perhitungan menurut kondisi eksisting mengenai parameter yang merupakan faktor penting sistem operasional tiap unit bangunan dengan kriteria desain. Dosis optimum koagulan pada musim kemarau dan musim penghujan yang didapatkan sama yaitu 75 ppm sedangkan dosis koagulan rata – rata yang dipakai di IPA Kedunguling PDAM Sidoarjo adalah 78,56 ppm. Sistem operasional tiap unit bangunan sudah memenuhi kriteria desain bangunan koagulasi dan flokulasi, sedangkan tidak pada bangunan sedimentasi.

Kata Kunci—Koagulasi-flokulasi, sedimentasi, dosis optimum, *poly aluminium chloride*.

I. PENDAHULUAN

PERUSAHAAN Daerah Air Minum (PDAM) Delta Tirta Sidoarjo merupakan salah satu Instansi Pemerintah dalam bidang penyedia jasa air bersih bagi kebutuhan masyarakat Kabupaten Sidoarjo dan sekitarnya. Air bersih dalam hal ini digunakan untuk berbagai kegiatan sehari-hari masyarakat Sidoarjo seperti memasak, makan, minum, dan mandi serta pekerjaan mulai dari skala rumah tangga hingga industri. Dengan demikian, maka optimalisasi dalam suatu instalasi yang sudah ada dalam proses dan operasi sangat diperlukan. Selain untuk menjamin mutu air dalam segi kuantitas dan kualitas, kajian proses dan operasi dalam suatu Instalasi Pengolahan Air (IPA) dapat mengurangi biaya operasi yang cukup signifikan. Salah satu IPA di PDAM Delta Tirta Sidoarjo yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah IPA Kedunguling yang terletak di Desa Kedung Banjar

Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo. Air baku yang digunakan adalah saluran avur (pembuangan). IPA Kedunguling Kabupaten Sidoarjo merupakan IPA Paket dengan pengolahan air secara konvensional, dimana terdiri dari unit intake, pengadukan cepat, pengadukan lambat, sedimentasi, filter, desinfeksi, dan reservoir.

Dalam proses dan pengoperasian IPA Kedunguling terdapat permasalahan yang cukup penting, yaitu biaya operasi yang tinggi akibat pengadaan bahan kimia sebagai koagulan. Hal ini terjadi karena pengoperasian yang tidak sesuai dengan standar, dimana pembubuhan koagulan dilakukan tanpa perhitungan terlebih dahulu (perkiraan) sehingga tidak tercapai dosis optimum. Salah satu faktor yang mempengaruhi dosis pembubuhan koagulan yaitu perbedaan nilai kekeruhan pada saat musim hujan dan kemarau. Pada musim hujan nilai kekeruhan dapat mencapai ± 900 NTU, sedangkan pada musim kemarau hanya ± 100 NTU.

Meninjau dari permasalahan tersebut, maka sangat perlu dilakukan kajian efisiensi terhadap proses dan operasi pada unit koagulasi-flokulasi-sedimentasi. Dengan melakukan kajian tersebut, diharapkan dapat memberikan kontribusi informasi/identifikasi dan rekomendasi mengenai permasalahan operasi dan proses IPA Kedunguling PDAM Kabupaten Sidoarjo, sehingga dapat menekan biaya pada pengadaan bahan kimia. Jadi, tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah mengkaji kinerja teknis proses dan operasi unit koagulasi-flokulasi dan sedimentasi pada IPA Kedunguling PDAM Sidoarjo serta dosis optimum pembubuhan koagulan pada musim kemarau dan penghujan.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan bagian paling penting dalam setiap penelitian. Pengumpulan terbagi menjadi pengumpulan data sekunder dan data primer. Pengumpulan data sekunder ini didapatkan dari data dari IPA Kedunguling maupun pengukuran di lapangan (kondisi eksisting) sedangkan pengumpulan data primer terdiri dari persiapan alat dan bahan untuk pembuatan sampel buatan

yang akan dijadikan air baku, kemudian pembuatan larutan standar kalibrasi untuk pengukuran kekeruhan dalam analisa nantinya. Lalu, pembuatan larutan koagulan yang dalam penelitian ini dipakai *Poly Aluminium Chloride* (PAC). Penentuan dosis optimum pembubuhan koagulan ditetapkan menggunakan metode Jar Test dengan perbedaan jumlah koagulan yang digunakan [1]. Dilihat dari pengukuran parameter kualitas air yaitu kekeruhan dan pH serta waktu detensi dalam proses pengendapannya.

B. Penentuan Dosis Optimum Koagulan

Metode jar test mempunyai tiga tahap penting, yaitu tahap pertama pelarutan reagen dengan pengadukan cepat selama 1 menit dengan kecepatan 100 rpm. Tahap kedua pengadukan lambat untuk pembentukan flok-flok selama 10 menit dengan kecepatan 60 rpm. Tahap ketiga proses sedimentasi selama 10 menit. Setiap nilai kekeruhan ditambahkan larutan PAC dengan konsentrasi (ppm) yang berbeda-beda. Dosis yang digunakan (55, 60, 65, 70, 75, dan 80) ppm disesuaikan dengan pengukuran di lapangan yaitu 80 ppm serta informasi dari karyawan laboratorium IPA yaitu 60 - 80 ppm. Dari beberapa dosis tersebut akan diketahui dosis optimum koagulan dari setiap kekeruhan.

C. Pengukuran Kekeruhan dan pH Akhir Air, serta Waktu Pengendapan

Pengukuran kekeruhan dan pH akhir sampel air dilakukan setelah percobaan menggunakan spektrofotometer dan pH meter sedangkan waktu pengendapan pada saat proses pengendapan di *imhoff cone*. Dosis koagulan dikatakan optimum pada satu jenis kekeruhan jika kekeruhan akhir sampel air semakin turun serta waktu pengendapan partikel yang semakin cepat.

D. Analisa Kinerja Teknis Proses dan Operasi

Analisa proses unit bangunan koagulasi-flokulasi-sedimentasi disini dilihat dari hasil percobaan penentuan dosis optimum koagulan. Data yang didapatkan dari percobaan penentuan dosis optimum koagulan diolah menggunakan grafik dan tabel sehingga dapat dibahas bagaimana hubungan pembubuhan dosis koagulan dengan parameter yang mempengaruhinya. Analisa sistem operasional unit bangunan koagulasi-flokulasi-sedimentasi dilihat dari perbandingan antara hasil perhitungan menurut kondisi eksisting IPA mengenai parameter-parameter yang merupakan faktor penting dalam sistem operasional bangunan dengan kriteria desain perencanaan bangunan tersebut.

E. Efisiensi Pemakaian Koagulan

Efisiensi pemakaian koagulan ini didapatkan dengan cara membandingkan antara dosis koagulan yang digunakan dalam proses IPA dengan dosis optimum yang didapatkan dari hasil percobaan. Dari hasil perbandingan dosis tersebut akan diketahui selisih dosis serta berat koagulan.

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Air Baku

Penentuan kekeruhan yang dijadikan variabel pada analisa ini berdasarkan pada data sekunder yang didapatkan dari laporan harian pengukuran kekeruhan IPA Kedunguling dari bulan Juli 2011 – Juni 2012 (1 tahun) sehingga variabel kekeruhan disini dibagi menjadi kekeruhan pada musim kemarau (Juni-Oktober) dan musim penghujan (November-Maret), bulan April dan Mei dianggap sebagai musim pancaroba dikarenakan perbedaan kekeruhan yang cukup signifikan pada tiap hari di dalam bulan-bulan tersebut sehingga mempunyai rentang interval kekeruhan yang cukup besar. Masing-masing musim terdapat 3 titik kekeruhan yaitu pada titik terendah, rata-rata, dan tertinggi. Data kekeruhan selama setahun dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari data tersebut, dibulatkan nilai kekeruhan sehingga kekeruhan terkecil yang digunakan pada analisa ini adalah 9 NTU untuk musim kemarau dan 50 NTU untuk musim penghujan. Nilai kekeruhan rata-rata yang digunakan adalah 30 NTU untuk musim kemarau dan 200 NTU untuk musim penghujan sedangkan nilai kekeruhan kekeruhan tertinggi yang digunakan dalam analisa selanjutnya adalah 100 NTU untuk musim kemarau dan 900 NTU untuk musim penghujan yang juga dibulatkan agar memudahkan dalam analisa laboratorium nantinya.

B. Analisa Proses pada Unit Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi

Analisa proses disini diutamakan dalam hal pengaruh dosis koagulan terhadap penurunan kekeruhan. Dengan kata lain adalah mencari dosis optimum pemakaian koagulan dalam menurunkan kadar kekeruhan air karena kekeruhan memiliki pengaruh terbesar dibandingkan parameter lain [2].

Variabel kekeruhan untuk musim kemarau terdiri dari 9 NTU, 30 NTU, 100 NTU sedangkan untuk musim penghujan 50 NTU, 200 NTU, 900 NTU dan terdapat enam variabel dosis yang digunakan yaitu 55 ppm, 60 ppm, 65 ppm, 70 ppm, 75 ppm, dan 80 ppm.

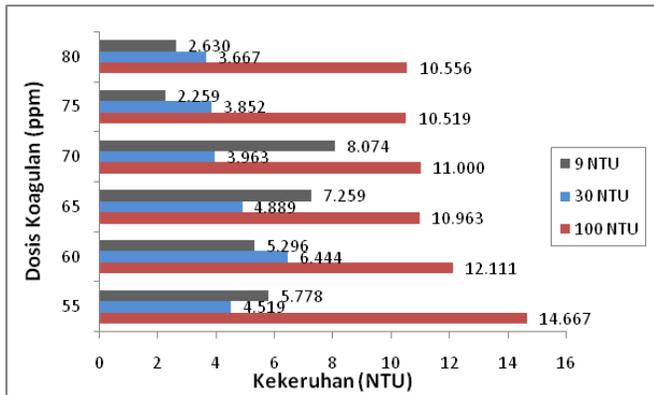
Parameter yang digunakan dalam penentuan dosis optimum ini adalah kekeruhan dan pH serta waktu pengendapan. Perbandingan dari beberapa hasil penelitian di laboratorium yang dilihat dari parameter kekeruhan akhir pada tiap variabel kekeruhan dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.

Dari grafik tersebut terlihat pada kekeruhan 9 NTU bahwa kekeruhan terkecil dari effluent tersebut adalah 2,259 NTU yang terjadi pada dosis 75 ppm. Kekeruhan awal yang rendah umumnya membutuhkan dosis koagulan yang tinggi karena jarak antar partikelnya berjauhan [3]. Oleh karena itu, dosis optimum untuk kekeruhan 9 NTU pada musim kemarau ini dapat disimpulkan berada pada saat penambahan dosis 75 ppm karena penentuan dosis pemakaian koagulan yang optimum didasarkan pada kekeruhan akhir yang terendah [4].

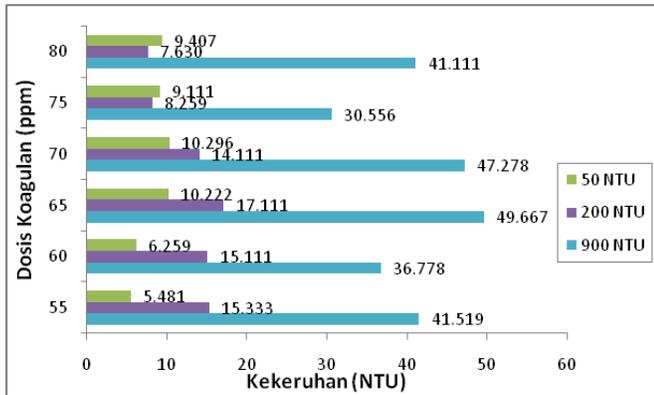
Tabel 1.
Kekeruhan Air Baku

Bulan	Kekeruhan (NTU)		
	Terkecil	Rata-rata	Tertinggi
Juli	9,28	20	46,8
Agustus	9,24	25	58,7
September	9,4	30	84,6
Oktober	16,2	40	106
November	52,2	200	819
Desember	74,7	150	836
Januari	50,3	300	903
Februari	51	200	786
Maret	48	150	373
April	33	150	650
Mei	31,4	100	754
Juni	25,7	45	75,3

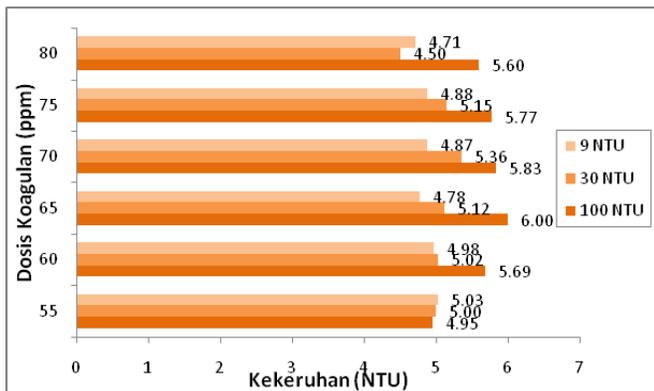
Sumber: IPA Kedunguling PDAM Sidoarjo (Juli 2011-Juni 2012)



Gambar 1. Grafik kekeruhan akhir pada musim kemarau.



Gambar 2. Grafik kekeruhan akhir pada musim penghujan.



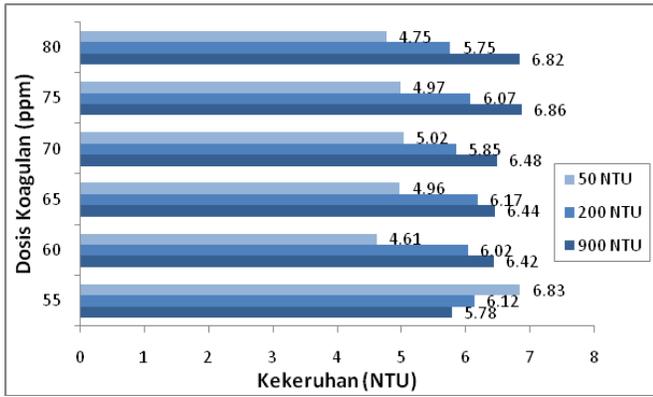
Gambar 3. Grafik pH akhir pada musim kemarau.

Sedangkan pada kekeruhan 30 NTU terlihat bahwa kekeruhan terkecil dari effluent tersebut adalah 3,667 NTU yang terjadi pada dosis 80 ppm. Naik-turunnya kekeruhan akhir yang dapat dilihat dari grafik tersebut dikarenakan penambahan dosis koagulan tidak selalu linier terhadap kekeruhan walaupun kebutuhan penambahan koagulan umumnya tergantung dari kekeruhan [5]. Dosis optimum untuk kekeruhan 30 NTU pada musim kemarau ini dapat disimpulkan berada pada saat penambahan dosis 80 ppm. Dari grafik kekeruhan akhir pada musim kemarau tersebut terlihat bahwa kekeruhan terkecil untuk effluent kekeruhan 100 NTU adalah 10,519 NTU yang terjadi pada dosis 75 ppm. Jadi, dosis optimum untuk kekeruhan 100 NTU disimpulkan pada dosis 75 ppm.

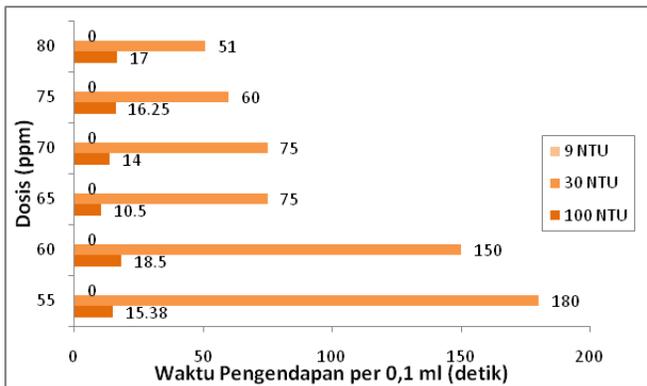
Selanjutnya, pada musim penghujan penentuan dosis optimum koagulan pada kekeruhan 50 NTU dari grafik kekeruhan akhir pada musim penghujan terlihat bahwa kekeruhan terkecil dari effluent tersebut adalah 5,481 NTU yang terjadi pada dosis 55 ppm. Namun, semakin besar dosis koagulan yang ditambahkan yang dimulai dari dosis 60-80 ppm maka semakin besar pula kekeruhan dari effluent tersebut dan mencapai titik kekeruhan terbesar pada saat penambahan dosis 70 ppm yaitu 10,296 NTU. Hal ini dikarenakan pada penerapannya koagulasi memang mempunyai dua proses yang saling berhubungan yaitu kenaikan dalam penambahan konsentrasi koagulan dengan kenaikan pada kekeruhan [6]. Maka, jika dosis yang dipakai berlebih dari kondisi optimal maka akan menyebabkan peningkatan [5]. Dosis optimum untuk kekeruhan 50 NTU pada musim penghujan ini dapat disimpulkan berada pada saat penambahan dosis 55 ppm. Pada kekeruhan 200 NTU didapatkan bahwa kekeruhan terkecil dari effluent tersebut adalah 7,630 NTU yang terjadi pada dosis 80 ppm. Penentuan dosis optimum koagulan pada kekeruhan 900 NTU dilihat dari grafik kekeruhan akhir, kekeruhan terkecil dari effluent tersebut adalah 30,556 NTU yang terjadi pada dosis 75 ppm.

Namun, dalam penentuan dosis optimum pemakaian koagulan juga perlu dipertimbangkan parameter lain seperti range pH optimum koagulan serta waktu pengendapan partikelnya. Grafik pH akhir dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4, sedangkan untuk waktu pengendapan dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.

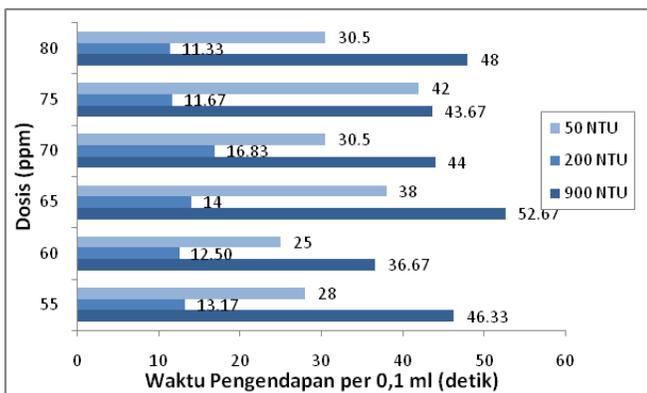
PAC mempunyai range pH optimum 5,0 – 8,5 [7]. Dari grafik pH akhir pada musim kemarau terlihat bahwa untuk kekeruhan 9 NTU hampir semua tidak masuk dalam range pH optimum. Hal ini diakibatkan pengasaman dari dosis koagulan yang berlebih sehingga akan menurunkan pH [3]. Cara untuk menaikkan nilai pH tersebut dengan menambahkan bahan kimia seperti kapur, koagulan aid atau semacamnya yang dapat menaikkan nilai pH. Sedangkan, pada grafik pH akhir musim penghujan terlihat bahwa untuk kekeruhan 50 NTU terdapat beberapa pH akhir yang tidak masuk dalam range pH optimum.



Gambar 4. Grafik pH Akhir pada Musim Penghujan



Gambar 5. Grafik Waktu Pengendapan pada Musim Kemarau



Gambar 6. Grafik Waktu Pengendapan pada Musim Penghujan

Waktu pengendapan berkaitan dengan ukuran flok-flok yang terbentuk dimana ukuran flok yang lebih besar akan lebih cepat mengendap. Mekanisme yang berhubungan dengan waktu pengendapan flok yaitu adanya kontak yang dihasilkan dari partikel yang mempunyai kecepatan mengendap yang lebih besar bergabung dengan partikel yang mempunyai kecepatan mengendap yang lebih kecil, sehingga memiliki kecepatan mengendap yang lebih besar lagi dan waktu pengendapan yang lebih cepat [5].

Waktu pengendapan pada kekeruhan 9 NTU tidak dapat diamati dikarenakan endapan yang terlalu sedikit (tidak mencapai 0,1 ml) dan hampir semua nilai pH tidak masuk dalam range pH optimum PAC sehingga dosis optimum tetap dilihat pada kekeruhan akhir yang terendah yaitu pada saat dosis pemakaian koagulan 75 ppm. Pada kekeruhan 30 NTU, waktu pengendapan yang paling baik pada saat dosis

koagulan 80 ppm yaitu 51 detik untuk mencapai 0,1 ml endapan. Hal ini sudah sesuai dengan penentuan dosis optimum yang dilihat dari parameter kekeruhan akhir sebelumnya, tetapi dalam data pengukuran pH akhir effluent tidak masuk range pH optimum yaitu 4,5 sedangkan jika dilihat pada dosis 75 ppm kekeruhan akhirnya hanya selisih $\pm 0,2$ NTU dan waktu pengendapannya hanya terpaut 9 detik yaitu 60 detik untuk mencapai 0,1 ml endapan namun pH akhirnya 5,15 (masuk range pH optimum). Jadi, untuk kekeruhan 30 NTU dosis optimum pemakaian koagulannya adalah 75 ppm. Pada kekeruhan 100 NTU, waktu pengendapan yang paling baik terletak pada dosis koagulan 65 ppm yaitu 10,5 detik untuk mencapai 0,1 ml endapan dan mempunyai pH akhir paling tinggi yaitu 6 sedangkan pada saat kondisi optimum yang dilihat dari kekeruhan akhir yang terletak pada saat dosis 75 ppm memang selisihnya kecil $\pm 0,4$ NTU dengan dosis 65 ppm sehingga dosis optimum pemakaian koagulan pada kekeruhan 100 NTU menjadi 65 ppm.

Pada kekeruhan 50 NTU, waktu pengendapan yang paling baik pada saat dosis koagulan 60 ppm yaitu 25 detik untuk mencapai 0,1 ml endapan tetapi dalam data pengukuran pH akhir effluent tidak masuk range pH optimum yaitu 4,61 sedangkan jika dilihat pada saat dosis 55 ppm yang menjadi dosis optimum koagulan yang dilihat dari parameter kekeruhan akhir waktu pengendapannya hanya terpaut 3 detik yaitu 28 detik untuk mencapai 0,1 ml endapan dan pH akhirnya 6,83 (masuk range pH optimum). Jadi, untuk kekeruhan 50 NTU dosis optimum pemakaian koagulannya adalah 55 ppm. Pada kekeruhan 200 NTU, waktu pengendapan yang paling baik pada saat dosis koagulan 80 ppm yaitu 11,33 detik untuk mencapai 0,1 ml endapan. Hal ini sudah sesuai dengan penentuan dosis optimum yang dilihat dari parameter kekeruhan akhir sebelumnya dan dalam data pengukuran pH akhir effluent juga masuk range pH optimum yaitu 5,75 sehingga untuk kekeruhan 200 NTU ini dosis optimum pemakaian koagulannya adalah 80 ppm. Pada kekeruhan 900 NTU, waktu pengendapan yang paling baik terletak pada dosis koagulan 60 ppm yaitu 36,67 detik untuk mencapai 0,1 ml endapan dan mempunyai pH akhir 6,42. Tetapi, jika dibandingkan dengan pada saat kondisi optimum yang dilihat dari kekeruhan akhir yang terletak pada saat dosis 75 ppm selisih untuk kekeruhan akhirnya cukup besar ± 6 NTU dan selisih waktu pengendapannya 7 detik serta mempunyai nilai pH tertinggi yaitu 6,86 atau mendekati nilai pH netral 7 sehingga dosis optimum pemakaian koagulan pada kekeruhan 900 NTU dapat ditentukan pada saat dosis 75 ppm.

Dari penentuan dosis optimum yang telah dibahas untuk tiap kekeruhan pada musim kemarau dan penghujan diatas, telah dihasilkan dosis optimum pada tiap-tiap variabel kekeruhan tersebut. Rekapitulasi dari dosis optimum disajikan pada Tabel 2 dan 3.

Dari Tabel 2 dan 3 dapat menjadi acuan dalam menentukan dosis optimum pada musim kemarau dan penghujan secara umum. Dikarenakan dosis optimum dari kekeruhan 9 NTU dan 30 NTU adalah 75 ppm, maka untuk

Tabel 2.
Dosis Optimum Tiap Kekeruhan pada Musim Kemarau

Kekeruhan (NTU)	Dosis Optimum (ppm)
9	75
30	75
100	65

Tabel 3.
Dosis Optimum Tiap Kekeruhan pada Musim Penghujan

Kekeruhan (NTU)	Dosis Optimum (ppm)
50	55
200	80
900	75

kekeruhan 100 NTU yang dosis optimumnya 65 ppm dilihat selisih kekeruhan akhir dari kondisi pada waktu dosis optimum dengan pada saat dosis 75 ppm. Hasil dari selisih kekeruhan akhir tersebut ternyata kecil yaitu $\pm 0,4$ NTU sehingga untuk kekeruhan 100 NTU dapat menggunakan dosis pemakaian koagulan 75 ppm. Jadi, dapat disimpulkan bahwa dosis optimum pemakaian koagulan pada musim kemarau adalah 75 ppm. Sedangkan, dikarenakan dosis optimum dari kekeruhan 900 NTU adalah 75 ppm dan untuk kekeruhan 200 NTU yang dosis optimumnya 80 ppm tetapi jika dilihat dari selisih kekeruhan akhir dari kondisi pada waktu dosis optimum dengan pada saat dosis 75 ppm ternyata kecil sekitar 0,6 NTU, maka untuk kekeruhan 200 NTU dapat menggunakan dosis pemakaian koagulan 75 ppm juga. Oleh karena itu, dosis optimum untuk musim penghujan dapat disimpulkan pada dosis 75 ppm. Namun, pada kekeruhan 50 NTU yang kekeruhan akhirnya pada dosis 75 ppm selisihnya terlalu jauh dari kondisi saat dosis optimum yaitu dari 5,481 NTU menjadi 9,111 NTU dapat disarankan menggunakan koagulan aid yang berfungsi untuk meningkatkan densitas flok dan karenanya dapat meningkatkan pengendapan [8].

C. Analisa Sistem Operasional Unit Bangunan

Analisa sistem operasional unit bangunan Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi ini didapatkan dari perhitungan yang berdasarkan pada kondisi eksisting IPA 1 Kedunguling. Dari hasil analisa ini nantinya akan disesuaikan dengan kriteria desain.

Bangunan koagulasi di IPA 1 Kedunguling ini menggunakan sistem pengadukan hidrolis dan mempunyai terjunan yang berbentuk v-notch. Parameter sistem operasional pada bangunan koagulasi yang dijadikan ketentuan dalam analisa ini adalah gradien kecepatan (G) dan waktu detensi (td) yang merupakan faktor penting dalam perencanaan unit bangunan koagulasi. Nilai G yang didapatkan dari perhitungan adalah 920,541 /detik. Nilai ini sudah memenuhi kriteria desain perencanaan unit koagulasi yaitu > 750 /detik [9] dan $300 - 1000$ /detik [10]. Untuk perhitungan td, hasilnya adalah 14,4 detik sehingga tidak masuk dalam kriteria desain perencanaan waktu detensi unit koagulasi yang mempunyai ketentuan 1 - 5 detik [9] tetapi masuk dalam kriteria yang lain yaitu 5 - 60 detik [10].

Bangunan flokulasi di IPA 1 Kedunguling ini menggunakan sistem pengadukan hidrolis dan mempunyai aliran vertikal. Parameter sistem operasional pada bangunan flokulasi yang dijadikan ketentuan dalam analisa ini adalah

gradien kecepatan (G) dan waktu detensi (td) yang merupakan faktor penting dalam perencanaan unit bangunan flokulasi. Nilai G yang didapatkan dari perhitungan adalah 54,316 /detik pada kompartemen I dan II, 32,59 /detik pada kompartemen III dan IV, serta 21,726 /detik pada kompartemen V dan VI sehingga dapat ditulis menjadi 54,316 (menurun) - 21,726. Nilai ini sudah memenuhi kriteria desain perencanaan unit flokulasi yaitu 60 (menurun) - 5 [9]. Untuk perhitungan td, hasilnya adalah 2,939 menit per kompartemen atau jika dikalikan 6 kompartemen menjadi 17,634 menit sehingga tidak memenuhi kriteria desain perencanaan waktu detensi unit flokulasi yang menggunakan sistem pengadukan hidrolis yang mempunyai ketentuan 30 - 45 menit [9]. Kemudian untuk G.td, hasil perhitungannya adalah 22.986,847 - 57.468,175 dan nilai ini sudah memenuhi kriteria desain G.td pada proses flokulasi yaitu 20.000 - 200.000 [11].

Bangunan sedimentasi di IPA 1 Kedunguling ini berbentuk bak persegi (aliran horizontal) dengan menggunakan tube settler dan mempunyai gutter yang berbentuk v-notch. Parameter sistem operasional pada bangunan sedimentasi yang dijadikan ketentuan dalam analisa ini adalah waktu detensi (td) dan overflow rate (OFR) yang merupakan faktor penting dalam perencanaan unit bangunan sedimentasi. Nilai td yang didapatkan dari perhitungan di atas adalah 0,727 jam. Nilai ini tidak memenuhi kriteria desain perencanaan unit sedimentasi yaitu 1,5 - 3 jam [9]. Untuk perhitungan OFR, hasilnya adalah 0,483 $m^3/m^2.jam$ sehingga tidak memenuhi kriteria desain perencanaan waktu detensi unit sedimentasi juga yang mempunyai ketentuan OFR yaitu 0,8 - 2,5 $m^3/m^2.jam$ [9].

Dari hasil evaluasi analisa perhitungan sistem operasional pada unit koagulasi-flokulasi-sedimentasi sebelumnya, pada hasil evaluasi bangunan koagulasi yang tidak memenuhi kriteria desain adalah nilai td jika dibandingkan dengan kriteria desain [9]. Namun, memenuhi kriteria desain bangunan koagulasi lainnya [10].

Pada hasil evaluasi bangunan flokulasi yang tidak memenuhi kriteria desain adalah nilai td juga yang dibandingkan dengan kriteria desain [9] padahal nilai td sendiri berpengaruh pada waktu bagi partikel-partikel untuk saling berikatan dan membentuk flok [12]. Namun, dengan nilai G.td yang sudah memenuhi kriteria desain [11] maka bangunan flokulasi tersebut dapat dikatakan sudah memenuhi dalam operasionalnya.

Pada hasil evaluasi bangunan sedimentasi yang seluruh parameter tidak memenuhi kriteria desain [9] baik nilai td maupun OFR padahal nilai td pada unit sedimentasi berpengaruh pada berlangsungnya proses pemisahan partikel yang terdapat di dalam air sehingga proses tersebut harus mendapatkan waktu yang cukup [13]. Hal ini dapat dikarenakan pada kriteria desain tidak disebutkan penggunaan tube settler pada bangunan sedimentasi, sedangkan pada kondisi eksisting bangunan sedimentasi IPA Kedunguling menggunakan settler yang berbentuk tube untuk membantu dalam hal pengendapan partikelnya sehingga waktu detensinya pun juga semakin pendek daripada

bangunan sedimentasi konvensional [14]. Sedangkan untuk nilai OFR yang tidak memenuhi kriteria desain dikarenakan lebih kecil dari rentang nilai OFR [9], hal ini tidak dipermasalahkan dikarenakan pada dasarnya partikel-partikel yang mempunyai kecepatan pengendapan lebih besar dari nilai overflow rate tersebut akan mengendap seluruhnya dalam waktu yang sama [15].

D. Efisiensi Pemakaian Koagulan

Dari data sekunder tahun 2012 pemakaian koagulan di lapangan (IPA Kedunguling) untuk tiap instalasi, didapatkan berat koagulan yang dipakai rata-rata dalam setahun mencapai 148.640,9 kg. Setelah mengetahui pemakaian koagulan rata-rata per tahun yang ditambahkan ke dalam bangunan koagulasi, kemudian menghitung dosis dari koagulan tersebut dengan cara:

$$\begin{aligned} \text{Pemakaian PAC} &= 148.640,9 \text{ kg/tahun} \\ &= 407,235 \text{ kg/hari} \\ &= 4.713,373 \text{ mg/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dosis PAC} &= \frac{\text{Pemakaian PAC}}{\text{Debit IPA}} \\ &= \frac{4713,373 \text{ mg/detik}}{60 \text{ L/detik}} \\ &= 78,56 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Jadi, dosis koagulan yang dipakai di lapangan adalah 78,56 mg/L sedangkan dosis optimum koagulan yang didapatkan dari penelitian tugas akhir ini adalah 75 mg/L. Dari perbedaan dosis tersebut dapat dihitung selisih serta efisiensi pemakaian koagulannya.

$$\begin{aligned} \text{Selisih dosis PAC} &= \text{Dosis PAC} - \text{Dosis Optimum} \\ &= 78,56 \text{ mg/L} - 75 \text{ mg/L} \\ &= 3,56 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Jika, debit IPA 60 L/detik:

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi PAC} &= \text{Selisih dosis PAC} \times \text{Debit IPA} \\ &= 3,56 \text{ mg/L} \times 60 \text{ L/detik} \\ &= 213,373 \text{ mg/detik} \quad \times \\ &= 18435425 \text{ mg/hari} \\ &= 18,435 \text{ kg/hari} = 6.728,93 \end{aligned}$$

kg/tahun

IV. KESIMPULAN

Dosis koagulan yang dipakai di IPA Kedunguling PDAM Sidoarjo adalah 78,56 ppm sedangkan dari hasil penelitian adalah 75 ppm. Namun, selisih dosis PAC maupun efisiensi PAC tersebut belum mencerminkan perbedaan efisiensi yang sebenarnya dikarenakan antara sistem kontinyu (eksisting) dengan sistem *batch* (penelitian) perlu ada angka koreksi (*safety factor*).

Sistem operasional unit bangunan jika dibandingkan dengan kriteria desain perencanaan terdapat beberapa ketidaksesuaian namun sesuai hasil analisa dan pembahasan dapat dikatakan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Endah Angreni, MT. dan PDAM Sidoarjo terutama IPA Kedunguling yang telah memberikan segala bantuan dan meluangkan waktunya dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bryant, R. 1996. *Optimizing coagulation with the Streaming Current Monitor*. J.N. England Water Works Assoc. 110, 268-271.
- [2] Ridwan, M. dan Nobelia, J.I. 2009. *Pengaruh Kekeruhan, pH, Alkalinitas dan Zat Organik terhadap Dosis Koagulan pada Pengolahan Air Minum*. Jurusan Teknik Lingkungan-FTSL ITB.
- [3] Parmawati, T. 2004. *Penentuan Dosis Koagulan Aluminium Sulfat untuk Menurunkan Kekeruhan dan Pengaruh pH Menggunakan Jar Test dengan Air Baku dari Outlet Prasedimentasi IPAM Karang Pilang II Surabaya*. Laporan Tugas Akhir (S1). Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP ITS Surabaya.
- [4] Dziubek, A.M. dan Kowal, A.L. 1990. *High pH Coagulation-Adsorption : A new technology for water treatment and reuse*. Institute of Environmental Protection Engineering Technical University of Wroclaw Poland.
- [5] Degremont. 1979. *Water Treatment Handbook Fifth Edition*. New York: John Willey and Son.
- [6] M. Franceschi, A Girou, A.M. Carro-Diaz, M.T. Maurette, E. Puech-Costes. 2002. *Optimisation of The Coagulation-Flocculation Process of Raw Water by Optimal Design Method*. France: Departement de Genie des Procedes-INSAT.
- [7] AWWA. 1996. *Water Treatment Plant Design*. Second Edition. New York: McGraw Hill, p. 80-95.
- [8] M.I. Aguilar, J. Sa'ez, M. Llorens, A. Soler, J.F. Ortuno, V. Meseguer, A. Fuentes. 2004. *Improvement of Coagulation-Flocculation Process Using Anionic Polyacrylamide as Coagulant Aid*. Spain: Department of Chemical Engineering-University of Murcia Campus.
- [9] SNI 6774-2008 tentang *Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Air*
- [10] Masduqi, A. dan Assomadi, A. F. 2012. *Operasi dan Proses Pengolahan Air*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
- [11] Benefield, L. D. 1982. *Process Chemistry For Water and Wastewater Treatment*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs 07632.
- [12] Rosari, T. 2010. *Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Minum PDAM Legundi Gresik Unit III (50 Liter/Detik)*. Laporan Tugas Akhir (S1). Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP ITS Surabaya.
- [13] Rich, Linvil G. 1961. *Unit Operations of Sanitary Engineering*. New York, USA: John Wiley & Sons Inc.
- [14] Yao, K. M. 1969. *Theoretical Study of High-Rate Sedimentation*. Dallas, Texas: 42nd Annual Conference of the Water Pollution Control Federation.
- [15] Masduqi, A. dan Slamet, A. 2002. *Satuan Operasi*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.