

Potensi Hilirisasi Instalasi Pengolahan Air dengan Unit Sedimentasi Metode *Continuous Discharges Flow*

Ridwan^{1*}, Reri Afrianita¹, Reski Anggika¹, dan Fajri Dwi Arya¹

¹Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, Indonesia; email: ridwan@eng.unand.ac.id

ABSTRAK

Inovasi teknologi pengolahan air yang menjamin tercapainya kualitas baku mutu air minum sangat dibutuhkan guna keberlanjutan peningkatan layanan sistem penyediaan air minum sebuah kota. Penelitian ini bertujuan mengembangkan instalasi pengolahan air menggunakan bak sedimentasi dengan *continuous discharges flow method* (CDF) yang merupakan inovasi baru dalam menyisihkan kekeruhan air. Teknologi pengolahan air dirancang pada kapasitas desain 240 L/Jam dengan rangkaian proses koagulasi berupa terjunan air, proses flokulasi dengan sistem sekat sebanyak 6 kompartemen, bak sedimentasi metode CDF dengan variasi nilai CDF 10%, 11%, 12%, dan 13% dari kapasitas inlet, besaran resirkulasi aliran buang CDF 100% ke proses flokulasi, perbandingan luas *cone terhadap* luas permukaan bak sedimentasi adalah 13%, dan ketinggian *cone* dari dasar zona pengendapan sebesar 66%, dan unit filtrasi dengan media pasir kuarsa. Penelitian dilakukan dua kali pengulangan dengan kekeruhan air baku artifisial 115,686 NTU. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi penyisihan parameter kekeruhan rata-rata pada unit sedimentasi dengan metode CDF pada variasi nilai CDF 10%, 11%, 12%, dan 13% secara berturut adalah 94,00%, 94,84%, 95,51% dan 96,28% dengan nilai kekeruhan secara berturut adalah 6,936 NTU, 5,967 NTU, 5,192 NTU dan 4,302 NTU. Semakin besar nilai CDF, maka semakin besar efisiensi penyisihan kekeruhan. Efisiensi penyisihan kekeruhan rata-rata secara keseluruhan teknologi pengolahan air dengan unit sedimentasi metode CDF pada variasi nilai CDF 10%, 11%, 12%, dan 13% secara berturut adalah 97,86%, 98,17%, 98,70% dan 98,75% dan nilai kekeruhan akhir hasil pengolahan secara berturut adalah 2,613 NTU, 1,997 NTU, 1,531 NTU dan 1,290 NTU yang memenuhi baku mutu air minum, yaitu kurang dari 5 NTU dan memiliki potensi untuk dihilirisasi dalam skala lapangan.

Kata kunci: air baku, efisiensi penyisihan kekeruhan, paket IPA Metode CDF, variasi nilai CDF, air minum

ABSTRACT

Innovation in water treatment technology that ensures the achievement of drinking water quality standards is urgently needed to sustainably improve the services of a city's drinking water supply system. This research aims to develop water treatment technology with a sedimentation unit using the continuous discharges flow (CDF) method, which is a new innovation in removing turbidity. The water treatment technology is designed at a design capacity of 240 L/hour and consists of a coagulation process in the form of a water waterfall, a flocculation process with a baffle system of 6 compartments, a CDF method sedimentation tank with variations in CDF values of 10%, 11%, 12% and 13% of inlet capacity, 100% CDF flow recirculation to the flocculation unit, cone area ratio 13% of the sedimentation tank surface area and cone position height 66% from the bottom of the settling zone, and filtration unit with quartz sand media. The research was carried out twice with artificial raw water turbidity of 115.686 NTU. The results of the research show that the average turbidity removal efficiency in sedimentation units using the CDF method at varying CDF values of 10%, 11%, 12% and 13% is 94.00%, 94.84%, 95.51% and 96.28% respectively with turbidity values respectively 6.936 NTU, 5.967 NTU, 5.192 NTU and 4.302 NTU. The greater the CDF value, the greater the turbidity removal efficiency. The overall average turbidity removal efficiency of water treatment technology with CDF method sedimentation units at varying CDF values of 10%, 11%, 12% and 13% respectively is 97.86%, 98.17%, 98.70% and 98.75% and the final turbidity value resulting from processing respectively is 2.613 NTU, 1.997 NTU, 1.531 NTU and 1.290 NTU which generally meets drinking water quality standards, namely less than 5 NTU, and has the potential to be developed on a field scale.

Keywords: raw water, turbidity removal efficiency, CDF Method IPA package, variations in CDF values, drinking water

Citation: Ridwan, Afrianita, R., Anggika, R., dan Arya, F. D. (2024). Potensi Hilirisasi Instalasi Pengolahan Air dengan Unit Sedimentasi Metode *Continuous Discharges Flow*. Jurnal Ilmu Lingkungan, 22(6), 1537-1544, doi:10.14710/jil.22.6.1537-1544

1. PENDAHULUAN

Instalasi pengolahan air adalah rangkaian dari proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi dan desinfeksi untuk menghasilkan air minum dengan kualitas yang memenuhi standar (Qasim SR, 2000). Unit sedimentasi yang dapat menyisahkan material tersuspensi di air baku adalah salah satu unit fisika yang berperan penting dalam proses pengolahan yang menggunakan prinsip pengendapan (Reynolds, T.D, dan Richards, P.A, 1996). Unit sedimentasi dapat diklasifikasikan dalam 2 kelompok utama, yaitu sedimentasi metode konvensional dan sedimentasi dengan kapasitas besar atau (*high-rate type*), Crittenden. dkk, (2012). Unit sedimentasi metode konvensional adalah unit sedimentasi tanpa adanya modifikasi apapun di area pengendapan, dan efisiensi penyisihan partikel tersuspensinya masih tergolong rendah, yaitu 67%. *High-rate sedimentation* merupakan unit sedimentasi yang berkapasitas besar dengan memodifikasi pada area pengendapan guna memperbesar kinerja penyisihan parameter kekeruhan, seperti dengan *settler* (Gurjar, A., dan Bhorkar, M. 2017), selimut lumpur (*sludge blanket*), atau sedimentasi *solid contact* (Crittenden dkk, 2012). Pada unit sedimentasi dengan *settlers*, sering mengalami kendala dengan pertumbuhan kerak di permukaan *settler*, sulit dibersihkan dan susunan menjadi acak setelah operasional, dan sering memicu tumbuhnya lumut secara cepat pada tahap operasional (Ridwan dkk, 2021). Sedangkan sedimentasi dengan selimut lumpur (*sludge blanket*) dan *solid contact* membutuhkan unit pengolahan lumpur yang besar serta proses mekanik dalam upaya pembersihannya (Crittenden dkk, 2012).

Salah satu modifikasi yang sedang dikembangkan adalah unit sedimentasi dengan rekayasa aliran bocor di zona pengendapan yang mengarah ke bawah di unit sedimentasi. Aliran ke bawah ini disebabkan oleh aliran buang yang bekerja secara kontinu dan terkendali akibat bocor dari dasar zona pengendapan dan diperkenalkan sebagai aliran *continuous discharges flow* atau disingkat sebagai CDF (Ridwan dkk, 2021). Aliran CDF ini dimaksudkan memperbesar nilai resultan gaya ke arah bawah yang bekerja terhadap partikel/flok, dan laju pengendapan partikel/flok menjadi lebih besar sehingga dengan sendirinya meningkatkan tingkat penyisihan kekeruhan pada unit sedimentasi. Semakin tinggi nilai CDF, maka semakin besar efisiensi penyisihan kekeruhan (Ridwan dkk, 2020).

Aliran CDF yang berupa aliran bocor di zona pengendapan ini berpotensi mengurangi kapasitas produksi, oleh sebab itu perlu dilakukan resirkulasi. Berdasarkan penelitian Ridwan dkk, (2023), semakin besar resirkulasi aliran CDF, maka efisiensi penyisihan bertambah tinggi. Debit aliran CDF yang direcirculasi sebesar 100% ke proses flokulasi guna mempertahankan kapasitas produksi sistem dan lebih dari itu, diharapkan mampu memperbesar nilai penyisihan kekeruhan air, karena pada aliran CDF itu sendiri sudah ada partikel/material padat yang

terikat dengan koagulan, atau disebut juga sebagai flok. Upaya meresirkulasi aliran CDF menyebabkan kontak air dari proses koagulasi dengan material flok yang ada di aliran resirkulasi, sehingga membentuk flok-flok yang lebih besar, atau proses ini disebut sebagai sedimentasi metode *solid contact* (Kawamura. 2008).

Menurut Yolandita 2021, unit sedimentasi metode CDF dengan kapasitas desain 240 L/jam, dan variasi debit 360 L/jam dan 480 L/jam dapat mencapai efisiensi penyisihan secara berurutan sebesar 92,44%, 90,47% dan 88,30% dengan kekeruhan awal 110,244 NTU, dan resirkulasi aliran CDF adalah 100%, rasio luas *cone* terhadap luas permukaan bak sedimentasi sebesar 13% dan letak *cone* dari dasar zona pengendapan adalah 66%. Namun pada penelitian Yolandita, (2021) ini, nilai kekeruhan akhir masih belum memenuhi baku mutu, yaitu masing-masing sebesar 8,329 NTU, 10,496 NTU, dan 12,785 NTU. Berdasarkan Permenkes No. 2 Tahun 2023 tentang kualitas air minum, batas maksimum kekeruhan yang diizinkan untuk air minum adalah 3 NTU. Oleh sebab itu, masih perlu peningkatan efisiensi penyisihan kekeruhan untuk mencapai baku mutu. Penelitian Yolandita (2021), reaktor pengolahan air terdiri dari proses koagulasi, flokulasi dan proses sedimentasi dengan metode *continuous discharges flow* dan belum berupa paket instalasi pengolahan air atau biasanya disebut sebagai Paket IPA, oleh sebab itu, masih perlu pengembangan dan penyempurnaan dari penelitian ini.

Upaya peningkatan nilai efisiensi penyisihan kekeruhan, salah satunya adalah penambahan unit filtrasi, serta memperbesar nilai CDF pada unit sedimentasi metode CDF dengan variasi nilai CDF 10%, 11%, 12% dan 13% dari debit inlet, karena semakin tinggi nilai CDF, maka semakin besar efisiensi penyisihan kekeruhan (Ridwan dkk, 2022). Unit filtrasi adalah proses fisika yang bertujuan menyisahkan pengotor atau partikulat dalam air dengan proses melewatkan air ke media saringan, sehingga partikel tersisihkan di permukaan media saringan dan terakumulasi. Filter ini memiliki kemampuan menyisahkan partikel dengan berbagai ukuran, seperti virus, algae, dan koloid (Crittenden dkk, 2012). Berapa komponen yang berpengaruh dari proses filtrasi ini adalah ukuran media, pori-pori media dan luas permukaan, sifat dan karakteristik air baku (Crittenden dkk, 2012). Oleh sebab itu, penambahan unit filtrasi sebagai satu kesatuan Paket IPA dengan unit sedimentasi metode CDF, serta memperbesar nilai CDF dengan variasi nilai CDF 10%, 11%, 12% dan 13%, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penyisihan kekeruhan pada air baku dan menjadi alternatif teknologi Paket IPA di masa mendatang dan memiliki potensi untuk dihilirisasi sebagai alternatif untuk mengatasi masalah lumut dan rusaknya susunan *settlers*, serta kebutuhan alat mekanik untuk pembersihan lumpur di unit sedimentasi jenis *sludge blanket* dan *solid contact*.

Tujuan penelitian ini adalah menguji kinerja penyisihan kekeruhan dari teknologi pengolahan air yang terdiri dari proses koagulasi terjunan air, flokulasi sistem *baffle*, unit sedimentasi metode CDF dengan variasi nilai CDF 10%, 11%, 12%, dan 13%, nilai resirkulasi aliran CDF 100% ke unit flokulasi, rasio luas *cone* 13% dari luas permukaan bak sedimentasi dan ketinggian posisi *cone* 66% dari dasar zona pengendapan, serta unit filtrasi dengan media pasir kuarsa.

2. METODE PENELITIAN

Pengembangan reaktor unit sedimentasi metode CDF sebagai metode baru menjadi sebuah Paket IPA dilakukan dengan penambahan unit filtrasi dengan kapasitas skala laboratorium. Parameter kekeruhan adalah parameter pokok dalam penelitian ini yang disisihkan oleh unit koagulasi dan flokulasi, unit sedimentasi metode CDF, dan unit filtrasi. Media unit filtrasi yang digunakan adalah media pasir kuarsa. Debit desain dari Paket IPA adalah 240 L/jam dengan variasi nilai CDF 10%, 11%, 12%, dan 13% dari kapasitas inlet, besaran resirkulasi aliran buang CDF 100% ke *inlet* flokulasi, perbandingan luas *cone terhadap* luas permukaan bak sedimentasi adalah 13%, dan ketinggian lokasi *cone* 66% dari dasar area pengendapan, dan unit filtrasi dengan media pasir kuarsa.

Peralatan penelitian, antara lain: 1. pompa air, untuk memompakan air dari wadah penampung air baku ke unit koagulasi, 2. wadah penampung air baku, untuk menampung air baku, 3. *Gate valve*, untuk mengatur nilai CDF pada unit sedimentasi, 4. *Spektrofotometer*, untuk mengukur kekeruhan sampel air baku, 5. Jar test, untuk menentukan dosis optimum dari koagulan *Poly Aluminium Chloride*, 6. *Magnetic stirrer*, untuk mengaduk air baku artifisial sehingga dapat tercampur menjadi homogen. Paket IPA dengan unit sedimentasi metode CDF dalam skala laboratorium, tersusun secara berurutan dari proses koagulasi, proses flokulasi, proses sedimentasi dan proses filtrasi dengan debit desain 240 L/jam yang

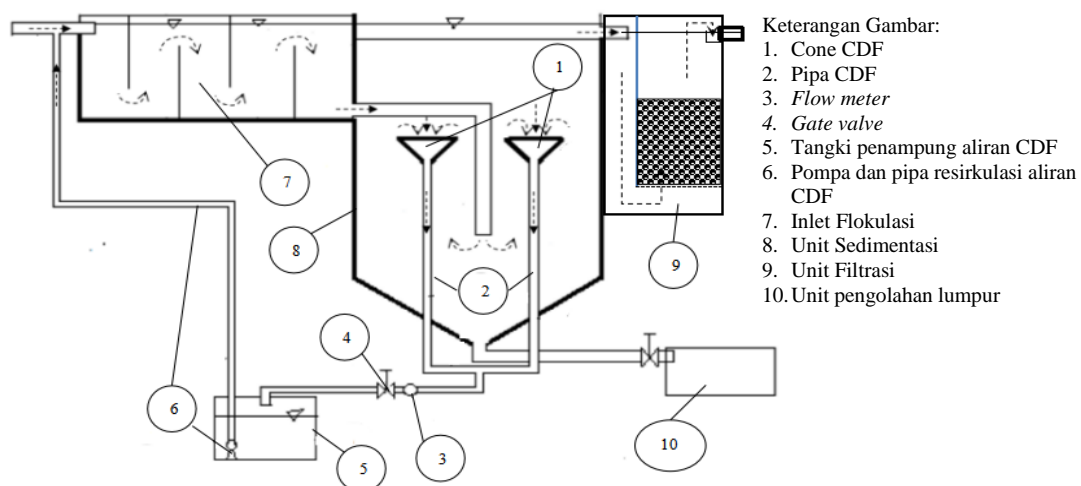
mengacu SNI No. 6774 Tahun 2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air.

Data hasil percobaan dianalisis menggunakan korelasi *Rank Spearman* untuk melihat korelasi yang terjadi akibat variasi nilai CDF 10%, 11%, 12% dan 13% pada unit sedimentasi metode CDF terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan. Urutan analisis dan pembahasan data penelitian, sebagai berikut: 1. Data hasil perancangan alat dengan debit desain 240 L/jam dan hasil pengukuran kekeruhan, 2. Perhitungan (%) efisiensi penyisihan kekeruhan yang diperoleh dari (kekeruhan awal dikurangi kekeruhan akhir) x 100% dibagi dengan kekeruhan awal. 3. Data-data hasil penelitian menjadi data input program SPSS versi 26 untuk mendapatkan korelasi *Rank Spearman*; 4. Hasil analisis berupa nilai koefisien korelasi untuk menunjukkan arah dan kuatnya hubungan variabel dalam nilai koefisien korelasi (r) dan nilai signifikansi (p). Hasilnya dari nilai korelasi dan signifikansi nilai CDF 10%, 11%, 12% dan 13% di unit sedimentasi terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan Paket IPA. 5. Nilai korelasi dan signifikansi yang diperoleh dibandingkan dengan tabel interpretasi nilai-r. Tingkat signifikansi dapat dilihat dengan koefisien signifikansi sebagai berikut (Sujarweni, W., 2014): jika Sig > 0,05 atau 0,01, maka tidak berkorelasi; dan jika Sig < 0,05 atau 0,01, maka berkorelasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perancangan Paket IPA

Perancangan Paket IPA ini mengacu pada SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air. Debit desain yang digunakan pada paket IPA ini sebesar 240 L/jam dengan variasi nilai CDF yang digunakan pada unit sedimentasi metode CDF yaitu 10%, 11%, 12% dan 13% dari debit produksi 240 L/jam. Berikut hasil perhitungan dari perancangan Paket IPA yang dapat dilihat pada Tabel 1 dengan semua parameter perancangan di SNI 6774:2008 terpenuhi pada setiap unit operasi yang digunakan.



Gambar 1. Komponen Paket IPA dengan Unit Sedimentasi Metode *Continuous Discharges Flow*

Tabel 1. Rekapitulasi Perhitungan Perancangan Paket IPA dengan Unit Sedimentasi Metode *Continuous Discharges Flow*

| Desain | Satuan | Nilai | Kriteria Perancangan (SNI 6774:2008) | Ket. |
|--|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|----------|
| Unit Koagulasi | | | | |
| Tinggi terjunan (h) | Meter | 0,33 | - | - |
| Panjang (p) | Meter | 0,10 | - | - |
| Lebar (l) | Meter | 0,10 | - | - |
| Kedalaman (h) | Meter | 0,0335 | - | - |
| Waktu detensi (td) | Detik | 5 | 1-5 | Memenuhi |
| Gradien kecepatan | /Detik | 850 | > 750 | Memenuhi |
| Unit Flokulasi | | | | |
| Jumlah kompartemen | - | 6 | 6 – 10 | Memenuhi |
| Panjang setiap tahap (p) | Meter | 0,22 | - | - |
| Lebar setiap tahap (l) | Meter | 0,22 | - | - |
| Kedalaman setiap tahap (h) | Meter | 0,4 | - | - |
| Waktu detensi (td) | Detik | 1.800 | 1.800 – 2.700 | Memenuhi |
| Gradien kecepatan (G) | /Detik | 60-10 | 60 – 5 | Memenuhi |
| Kecepatan aliran (v) | Meter/ detik | 0,0013 | < 0,9 | Memenuhi |
| Unit Sedimentasi Metode CDF | | | | |
| Beban permukaan | m ³ /m ² /jam | 1 | 0,8-2,5 | Memenuhi |
| Beban pelimpah | m ³ /m ² /jam | 0,54 | <11 | Memenuhi |
| Panjang | m | 0,54 | - | - |
| Lebar | m | 0,44 | - | - |
| Kedalaman | m | 1 | - | - |
| NRe | - | 65,72 | <2000 | Memenuhi |
| NFr | - | 1,96 x 10 ⁻⁴ | >10 ⁻⁵ | Memenuhi |
| Waktu detensi | jam | 1 | 1 – 3 | Memenuhi |
| Kecepatan aliran | m/detik | 0,281 x 10 ⁻⁴ | ≤ 9 | Memenuhi |
| Jumlah cone | buah | 4 | - | - |
| Diameter cone | m | 0,10 | - | - |
| Perbandingan luas cone terhadap luas permukaan bak sedimentasi | % | 13 | - | - |
| Ketinggian cone | m | 0,66 | - | - |
| Diameter pipa CDF | inci | 1/2 | - | - |
| Nilai CDF dari debit inlet | % | 10, 11, 12, 13 | - | - |
| Resirkulasi aliran CDF | % | 100 | - | - |
| Jumlah pelimpah | buah | 1 | - | - |
| Unit Filter | | | | |
| Jumlah bak | - | 1 | - | - |
| Panjang | Meter | 0,25 | - | - |
| Lebar | Meter | 0,44 | - | - |
| Tinggi | Meter | 0,60 | - | - |
| Kecepatan filtrasi | Meter/jam | 2,18 | - | - |
| Nre | - | 66,81 | <2000 | Memenuhi |
| NFr | - | 6,06x10 ⁻⁴ | >10 ⁻⁵ | Memenuhi |
| Tinggi air diatas media penyaring | Meter | 0,05 | - | - |
| Tebal media penyaring | Meter | 0,37 | - | - |

3.2. Kinerja Paket IPA dengan Unit Sedimentasi Metode CDF

Air baku yang digunakan pada penelitian ini adalah air baku artifisial dengan tingkat kekeruhan ± 110 NTU. Dosis optimum koagulan dengan *Jar Test* mengacu pada SNI Nomor 19-6449:2000 tentang Metode Pengujian Koagulasi, prosedur menentukan dosis optimum dari koagulan dengan *Jar Test*. Koagulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Poly Aluminium Chloride* (PAC). Pemilihan dosis optimum koagulan didasarkan pada besar dan banyak flok yang dihasilkan, lama waktu pengendapan dan kekeruhan akhir. Dosis optimum koagulan dipilih yaitu ukuran flok yang besar dan banyak, waktu pengendapan yang palig cepat dan kekeruhan akhir yang paling rendah. Hasil pengukuran *Jar Test* dalam penentuan dosis optimum koagulan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Penentuan Dosis Optimum Koagulan

| Dosis (ml) | Kekeruhan Awal (NTU) | Ukuran Flok | Waktu Pengendapan (menit) | Kekeruhan Akhir (NTU) |
|------------|----------------------|-------------|---------------------------|-----------------------|
| 0,5 | | +++ | 10.00,23 | 10,786 |
| 1 | | +++ | 09.26,49 | 10,065 |
| 1,5 | | ++ | 10.44,13 | 15,477 |
| 2 | | + | 10.58,59 | 19,953 |
| 2,5 | 115,686 | + | 11.00,19 | 21,959 |
| 3 | | + | 11.28,51 | 24,571 |

Keterangan:

+ : Flok terlihat kecil dan sedikit

++ : Flok terlihat besar dan sedikit

+++ : Flok terlihat besar dan banyak

Mengacu pada Tabel 2 diperoleh dosis optimum koagulan pada *Jart Test* adalah 1 ml dengan waktu pengendapan tercepat selama 9 menit 26,49 detik dan kekeruhan akhir terendah 10,065 NTU dan efisiensi penyisihan kekeruhan mencapai 91,23%. Dosis koagulan pada penelitian ini digunakan dosis 1 ml/1L air baku.

3.2.1. Pengaruh Nilai CDF terhadap Penyisihan Kekeruhan di Unit Sedimentasi

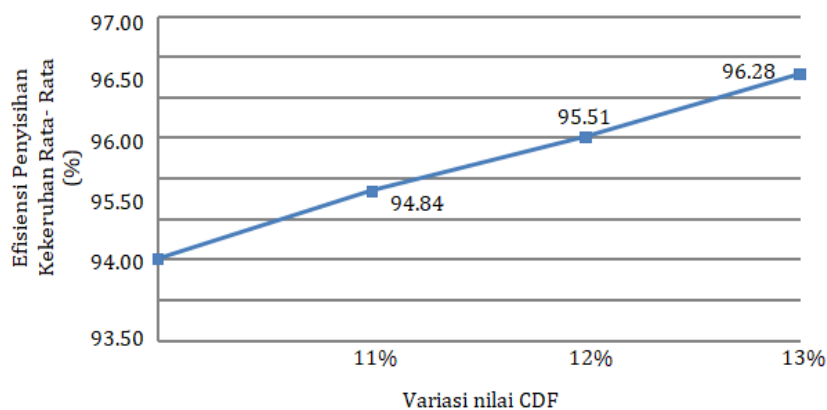
Variasi nilai CDF 10%, 11%, 12% dan 13% dari debit desain 240 L/jam, mempengaruhi nilai kekeruhan air hasil pengendapan di unit sedimentasi sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 menjelaskan, peningkatan nilai efisiensi penyisihan kekeruhan sebanding dengan peningkatan nilai CDF. Kekeruhan rata-rata akhir air di *outlet* unit sedimentasi untuk semua variasi nilai CDF 10%, 11%, 12% dan 13% secara berturut-turut adalah 6,936 NTU, 5,967 NTU, 5,192 NTU dan

4,302 NTU. Efisiensi penyisihan tertinggi pada nilai CDF 13% dengan persentase 96,28%. Mengacu kepada baku mutu air minum, maka nilai kekeruhan akhir unit sedimentasi pada nilai CDF 10%, 11% dan 12% masih belum memenuhi baku mutu, dan beban kekeruhan tersisa dapat diolah dengan unit filter agar memenuhi baku mutu. Sedangkan pada nilai CDF 13%, kekeruhan akhir rata-rata sudah memenuhi baku mutu. Persentase nilai penyisihan kekeruhan rata-rata ini terhadap variasi nilai CDF disajikan pada Gambar 2.

Tabel 3. Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Sedimentasi

| Debit (L/jam) | Kekeruhan Awal (NTU) | Nilai CDF (%) | Percobaan 1 | | Percobaan 2 | | Kekeruhan Akhir Rata-Rrata (NTU) | Efisiensi Penyisihan Rata-Rrata (%) |
|---------------|----------------------|---------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| | | | Kekeruhan Akhir Sedimentasi (NTU) | Efisiensi Penyisihan (%) | Kekeruhan Akhir Sedimentasi (NTU) | Efisiensi Penyisihan (%) | | |
| 240 | 115,686 | 10 | 7,374 | 93,63 | 6,212 | 94,63 | 6,936 | 94,00 |
| | | | 6,893 | 94,04 | 7,276 | 93,71 | | |
| | | | 8,121 | 92,98 | 6,897 | 94,04 | | |
| | | | 7,121 | 93,84 | 6,773 | 94,15 | | |
| | | | 6,722 | 94,19 | 5,835 | 94,96 | | |
| | | | 5,941 | 94,86 | 8,065 | 93,03 | | |
| | | 11 | 4,925 | 95,74 | 5,894 | 94,91 | 5,967 | 94,84 |
| | | | 6,024 | 94,79 | 6,984 | 93,96 | | |
| | | | 5,891 | 94,91 | 5,944 | 94,86 | | |
| | | | 5,968 | 94,84 | 6,011 | 94,80 | | |
| | | | 5,922 | 94,88 | 6,021 | 94,80 | | |
| | | | 6,048 | 94,77 | 5,975 | 94,84 | | |
| | | 12 | 5,122 | 95,57 | 4,289 | 96,29 | 5,192 | 95,51 |
| | | | 6,029 | 94,79 | 6,125 | 94,71 | | |
| | | | 5,221 | 95,49 | 5,242 | 95,47 | | |
| | | | 5,194 | 95,51 | 5,311 | 95,41 | | |
| | | | 4,766 | 95,88 | 4,958 | 95,71 | | |
| | | | 5,006 | 95,67 | 5,043 | 95,64 | | |
| | | 13 | 4,435 | 96,17 | 3,348 | 97,11 | 4,302 | 96,28 |
| | | | 3,353 | 97,10 | 4,311 | 96,27 | | |
| | | | 4,389 | 96,21 | 5,213 | 95,49 | | |
| | | | 5,131 | 95,56 | 4,194 | 96,37 | | |
| | | | 4,213 | 96,36 | 3,349 | 97,11 | | |
| | | | 5,328 | 95,39 | 4,354 | 96,24 | | |



Gambar 2. Efisiensi Penyisihan Kekeruhan terhadap Variasi Nilai CDF di Unit Sedimentasi

Berdasarkan Gambar 2, semakin besar nilai CDF, maka semakin tinggi efisiensi penyisihan kekeruhan air baku. Peningkatan efisiensi penyisihan kekeruhan ini seiring dengan bertambah besarnya nilai CDF yang menyebabkan peningkatan laju aliran flok ke bawah, sehingga resultan gaya yang bekerja pada flok semakin besar dan dapat meningkatkan efisiensi penyisihan kekeruhan. Laju aliran ke bawah ini disebabkan oleh aliran buangan akibat bocor yang secara terus menerus dan terkendali dari dasar area pengendapan yang diperkenalkan sebagai aliran *continuous discharges flow (CDF)* (Ridwan dkk, 2021). Jika dibandingkan dengan penelitian Yolanda (2021), besaran nilai penyisihan parameter kekeruhan untuk kapasitas desain 240 L/jam dengan nilai CDF 6%, resirkulasi aliran CDF 100%, mampu mencapai efisiensi penyisihan sebesar 92,44% dengan kekeruhan awal sebesar 110,244 NTU. Efisiensi penyisihan kekeruhan pada penelitian ini menunjukkan performa yang relatif baik pada unit sedimentasi dengan metode CDF dengan nilai CDF 10%, 11%, 12% dan 13% pada kekeruhan tinggi. Hubungan antara variasi nilai CDF terhadap peningkatan efisiensi penyisihan kekeruhan secara statistik dengan program SPSS versi 26, yaitu analisis *Rank Spearman* sebagaimana disajikan di Tabel 4.

Tabel 4 menjelaskan korelasi variasi nilai CDF terhadap efisiensi penyisihan sebesar 0,843, menyatakan korelasi yang sangat kuat antara variabel tersebut. Nilai korelasi menunjukkan nilai positif (+)

yang artinya hubungan antara variasi nilai CDF terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan berbanding lurus. Semakin besar nilai CDF, maka efisiensi penyisihan parameter kekeruhan air semakin tinggi. Nilai signifikansi yang dihasilkan, yaitu $0,000 < 0,01$ yang menyatakan kedua variabel tersebut saling berpengaruh.

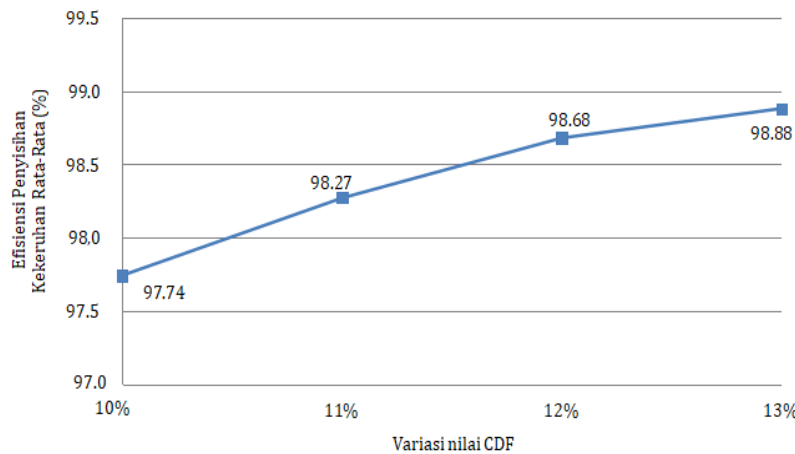
3.2.2. Pengaruh Nilai CDF terhadap Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi

Berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian sebagaimana disajikan pada Tabel 5, telah terjadi peningkatan kualitas air hasil olahan seiring dengan peningkatan nilai CDF, yaitu untuk variasi nilai CDF 10%, 11%, 12% dan 13% secara berurutan yaitu 2,613 NTU, 1,997 NTU, 1,531 NTU dan 1,290 NTU. Efisiensi penyisihan kekeruhan pada unit filtrasi tertinggi terdapat pada variasi nilai CDF 13% dengan persentase 70,51%. Namun jika dibandingkan dengan efisiensi unit filtrasi pada penelitian Pamularsih C, dkk, 2013, dengan kekeruhan awal 23,1 NTU adalah sebesar diatas 90%, dan rata-rata tingkat kekeruhan *effluent* mencapai 0,6 NTU. Jika mengacu kepada Permenkes No. 2 Tahun 2023 tentang Kualitas Air Minum, nilai maksimum parameter kekeruhan air minum yaitu 3 NTU, air hasil olahan unit filtrasi pada nilai CDF 10%, 11%, 12% dan 13% pada penelitian ini sudah memenuhi standar baku mutu, sehingga tidak diperlukan lagi pengolahan lanjutan.

Tabel 4. Signifikansi dan Korelasi dari Variasi Nilai CDF terhadap Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Sedimentasi

| Correlations | | Variasi nilai CDF | Efisiensi Penyisihan Kekeruhan |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------------|
| Spearman's rho | Variasi nilai CDF | 1,000 | 0,843** |
| | Correlation Coefficient | . | 0,000 |
| | Sig. (2-tailed) | 48 | 48 |
| Efisiensi Penyisihan Kekeruhan | Correlation Coefficient | 0,843** | 1,000 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,000 | . |
| | N | 48 | 48 |

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



Gambar 3. Persentase Penyisihan Kekeruhan Air Baku pada Paket IPA dengan Unit Sedimentasi Metode *Continuous Discharges Flow* terhadap Variasi Nilai CDF

Tabel 5. Efisiensi Penyisihan Kekeruhan di Unit Filtrasi

| Debit (L/jam) | Nilai CDF (%) | Kekeruhan (Outlet) Sedimentasi | | | Kekeruhan Akhir (Outlet) Filtrasi | | | Kekeruhan Akhir Rata-rata (NTU) | Efisiensi Penyisihan Rata-rata (%) |
|---------------|---------------|--------------------------------|-------------|-------------|-----------------------------------|-------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| | | Percobaan 1 | Percobaan 2 | Percobaan 1 | Efisiensi Penyisihan (%) | Percobaan 2 | Efisiensi Penyisihan (%) | | |
| 10 | 7,374 | 6,212 | 2,345 | 68,20% | 3,435 | 44,70% | 2,613 | 61,96 | |
| | 6,893 | 7,276 | 2,748 | 60,13% | 3,214 | 55,83% | | | |
| | 8,121 | 6,897 | 3,219 | 60,36% | 3,157 | 54,23% | | | |
| | 7,121 | 6,773 | 1,938 | 72,78% | 2,473 | 63,49% | | | |
| | 6,722 | 5,835 | 2,238 | 66,71% | 2,246 | 61,51% | | | |
| | 5,941 | 8,065 | 2,393 | 59,72% | 1,946 | 75,87% | | | |
| 11 | 4,925 | 5,894 | 1,472 | 70,11% | 1,832 | 68,92% | 1,997 | 66,38 | |
| | 6,024 | 6,984 | 2,547 | 57,72% | 1,531 | 78,08% | | | |
| | 5,891 | 5,944 | 2,642 | 55,15% | 2,124 | 64,27% | | | |
| | 5,968 | 6,011 | 1,687 | 71,73% | 2,364 | 60,67% | | | |
| | 5,922 | 6,021 | 3,159 | 46,66% | 1,447 | 75,97% | | | |
| | 6,048 | 5,975 | 1,198 | 80,19% | 1,965 | 67,11% | | | |
| 12 | 5,122 | 4,289 | 1,141 | 77,72% | 1,463 | 65,89% | 1,531 | 70,51 | |
| | 6,029 | 6,125 | 1,158 | 80,79% | 2,152 | 64,87% | | | |
| | 5,221 | 5,242 | 1,946 | 62,73% | 2,222 | 57,61% | | | |
| | 5,194 | 5,311 | 2,054 | 60,45% | 1,395 | 73,73% | | | |
| | 4,766 | 4,958 | 0,949 | 80,09% | 1,292 | 73,94% | | | |
| | 5,006 | 5,043 | 1,743 | 65,18% | 0,854 | 83,07% | | | |
| 13 | 4,435 | 3,348 | 1,157 | 73,91% | 0,896 | 73,24% | 1,290 | 70,51 | |
| | 3,353 | 4,311 | 2,054 | 38,74% | 1,152 | 73,28% | | | |
| | 4,389 | 5,213 | 0,957 | 78,20% | 1,391 | 73,32% | | | |
| | 5,131 | 4,194 | 1,525 | 70,28% | 1,269 | 69,74% | | | |
| | 4,213 | 3,349 | 1,174 | 72,13% | 0,942 | 71,87% | | | |
| | 5,328 | 4,354 | 1,843 | 65,41% | 1,119 | 74,30% | | | |

Gambar 3 menjelaskan, semakin tinggi nilai CDF, maka semakin tinggi efisiensi penyisihan kekeruhan di *outlet* sedimentasi, sehingga beban kekeruhan pada *inlet* di unit filtrasi akan menurun dan ini dapat mengurangi kegiatan pengurusan (*backwash*). Total efisiensi penyisihan kekeruhan rata-rata dari Paket IPA menggunakan Unit Sedimentasi Metode *CDF* dengan variasi nilai CDF 10%, 11%, 12% dan 13% secara berurutan adalah 97,74%, 98,27%, 98,68% dan 98,88% dari kekeruhan awal 115,686 NTU. Nilai kekeruhan akhir hasil pengolahan secara berturut adalah 2,613 NTU, 1,997 NTU, 1,531 NTU dan 1,290 NTU dan sudah memenuhi baku mutu air minum, yaitu kurang dari 3 NTU. Kinerja teknologi Paket IPA dengan unit sedimentasi metode *CDF* ini mampu mencapai standar baku mutu air minum, dan memiliki potensi untuk dihilirisasi sebagai alternatif dalam mengatasi masalah lumut dan rusaknya susunan *settlers* pada unit sedimentasi, serta kebutuhan alat mekanik untuk pembersihan lumpur di unit sedimentasi jenis *sludge blanket* dan *solid contact*.

4. KESIMPULAN

Teknologi pengolahan air pada penelitian ini berkapasitas 240 L/jam, terdiri dari proses koagulasi terjunan air, flokulasi sistem *baffle*, unit sedimentasi metode *CDF* dengan variasi nilai CDF 10%, 11%, 12%, dan 13%, nilai resirkulasi aliran *CDF* 100% ke unit flokulasi, rasio luas *cone* 13% dari luas permukaan bak sedimentasi dan ketinggian posisi *cone* 66% dari dasar zona pengendapan, serta unit filtrasi dengan media pasir kuarsa. Efisiensi penyisihan kekeruhan total rata-rata dari Paket IPA menggunakan Unit

Sedimentasi Metode *CDF* dengan variasi nilai CDF 10%, 11%, 12% dan 13% secara berurutan adalah 97,74%, 98,27%, 98,68% dan 98,88% dari kekeruhan awal 115,686 NTU. Nilai kekeruhan akhir hasil pengolahan secara berturut adalah 2,613 NTU, 1,997 NTU, 1,531 NTU dan 1,290 NTU dan sudah memenuhi baku mutu air minum, yaitu kurang dari 5 NTU.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dana dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Universitas Andalas Tahun 2023 melalui Skim Riset Dosen Pemula (RDP) Batch 1 dengan Judul Kinerja PAKET IPA Metode Continuous Discharge Flow (CDF) sebagai Metode Baru Menuju Hilirisasi Teknologi Pengolahan Air Minum.

DAFTAR PUSTAKA

- Crittenden, J.C., Trussell, R.R., Hand, D.W, Howe, K.J., dan Tchobanoglous, G. 2012. Water Treatment: Principles and Design, 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey.
- Catur Pamularsih, Dera Choanji, I Nyoman Widiasta. Penyisihan Kekeruhan pada Sistem Pengolahan Air Sungai Tembalang dengan Teknologi *Rapid Sand Filter*. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, 2013, 2(4):48-54
- Gurjar, A., & Bhorkar, M. 2017. Performance Study of Tube Settlers Module. International Journal of Engineering Research and Applications.
- Kawamura. 2008. Cost Estimating Manual for Water Treatment Facilities. USA: Wiley & son, Inc, John.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2023. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.2/2023 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

- Badan Standar Indonesia (SNI). 2008. No. 6774, Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air.
- Badan Standar Indonesia (SNI). 2000. No. 19.6449, Metode Pengujian Koagulasi-Flokulasi dengan Cara Jar.
- Badan Standar Indonesia (SNI). Cara Uji Kekeruhan dengan Nefelometer, Air dan Air Limbah. Indonesia: 2005. Report no. SNI.06-6989.25.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN) Indonesia. Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air. Indonesia: 2014. Report no. SNI.6774:2008.
- Qasim SR, Motley EM, Zhu G. Water works engineering: planning, design, and operation. London: Prentice-Hall; 2000.
- Ramli, R.D.T.F., 2017. Rancang Bangun Osborne Reynolds Apparatus Menggunakan Pipa Kaca Diameter 1 cm. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan Unand. Padang.
- Reynolds, T. D., & Richards, P. A. (1996). Unit operations and processes in Environmental engineering 2nd ed. In PWS series in engineering.
- Ridwan and Afrianita, R. 2020. Application of Continuous Discharge Flow (CDF) as New Method in The Sedimentation Unit for Removal of Raw Water Turbidity. *Journal of Environmental Treatment Techniques*, 9.(3): 698-703
- Ridwan, Afrianita, R., and Kurniawan, Y. Modification of the sedimentation unit with continuous discharge flow (CDF) as a new method to increase turbidity removal in raw water. *And Int J Appl Sci Eng Tech*. 2021; 1(1): 1-9.
- Ridwan, Afrianita, R., dan Kurniawan, Y. 2021. Modification of the Sedimentation Unit with Continuous Discharges Flow (CDF) as a New Method to Increase Turbidity Removal in Raw Water, 01(01), 1-9.
- Ridwan, Afrianita, R., dan Gustina, Y. 2022. The Effect of Variation in Cone Position Height on Raw Water Turbidity Removal in Sedimentation Unit Continuous Discharge Flow (CDF) Method as a New Method. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20. (1):58-64
- Ridwan, Vera S. Bachtar, Reri Afrianita and Rifka Indriani. A new method to improve raw water turbidity removal efficiency in sedimentation units with continuous discharge and flow recirculation. *Engineering and Applied Science Research*. 2023;50(3):213-219
- Sujarweni, W. 2014. *SPSS untuk Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- Yolandita, N. 2021. Pengaruh Variasi Debit Terhadap Penyisihan Kekeruhan Air Baku Artfisial Unit Sedimentasi Metode *Continuous Discharge Flow* (CDF). Tugas Akhir Departemen Teknik Lingkungan. Padang: Universitas Andalas.