

Evaluasi Unit Koagulasi-Flokulasi Instalasi Pengolahan Air (IPA) 1 DAN 2 PT. Hanarida Tirta Birawa

Mochamad Zidan Sibromulis¹⁾, Muhammad Abdus Salam Jawwad^{1*)}

¹⁾Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

*Corresponding Author: muhammad.abdus.tl@upnjatim.ac.id²

Abstrak

Keberhasilan suatu sistem Instalasi Pengolahan Air dapat dilihat dari tiga faktor utama yang harus diperhatikan, yaitu menjaga kuantitas juga kualitas pada air produksinya, serta kontinuitasnya. Oleh karena itu, perlu adanya evaluasi unit dan pengembangan pada IPA 1 dan 2. Metode yang digunakan adalah survei lapangan dan komparasi data eksisting dengan kriteria desain yang tercantum dalam SNI 6774:2023. Hasil analisis menunjukkan bahwa unit flokulasi telah memenuhi kriteria desain yang ada, akan tetapi unit koagulasi secara keseluruhan tidak sesuai karena nilai waktu detensi 195 detik dari kriteria 15-20 detik dan gradien kecepatan $2,33 \text{ detik}^{-1}$ dari $\geq 500 \text{ detik}^{-1}$, hal ini tidak memenuhi standar yang ditentukan dalam SNI 6774-2023. Masalah utama yang dihadapi, yaitu ketidaksesuaian unit koagulasi IPA 1 dan 2 PT. Hanarida Tirta Birawa dengan kriteria desain dan standar SNI 6774:2023. Masalah ini penting untuk diteliti karena proses koagulasi-flokulasi yang tidak optimal dapat menghambat pembentukan flok yang efektif sehingga mengurangi efisiensi pengendapan partikel pencemar, yang berdampak pada kualitas air yang dihasilkan. Optimalisasi diperlukan melalui dua rekomendasi, yaitu dengan menaikkan debit air yang masuk dari $0,469 \text{ m}^3/\text{s}$ menjadi $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ tanpa mengubah bentuk eksisting yang ada sebelumnya, atau mengubah bentuk unit koagulasi menjadi circular dengan pengadukan mekanik. Kedua alternatif tersebut menghasilkan nilai yang telah memenuhi kriteria desain, sehingga diharapkan dapat menjadikan proses pembentukan flok lebih efisien dan maksimal untuk kinerja penurunan kadar kekeruhan, TDS, dan warna juga memaksimalkan hasil produksi yang ada pada PT. Hanarida Tirta Birawa dalam pelayanan air kepada masyarakat sekitar.

Kata Kunci: koagulasi-flokulasi, instalasi pengolahan air, evaluasi, SNI 6774/2023

PENDAHULUAN

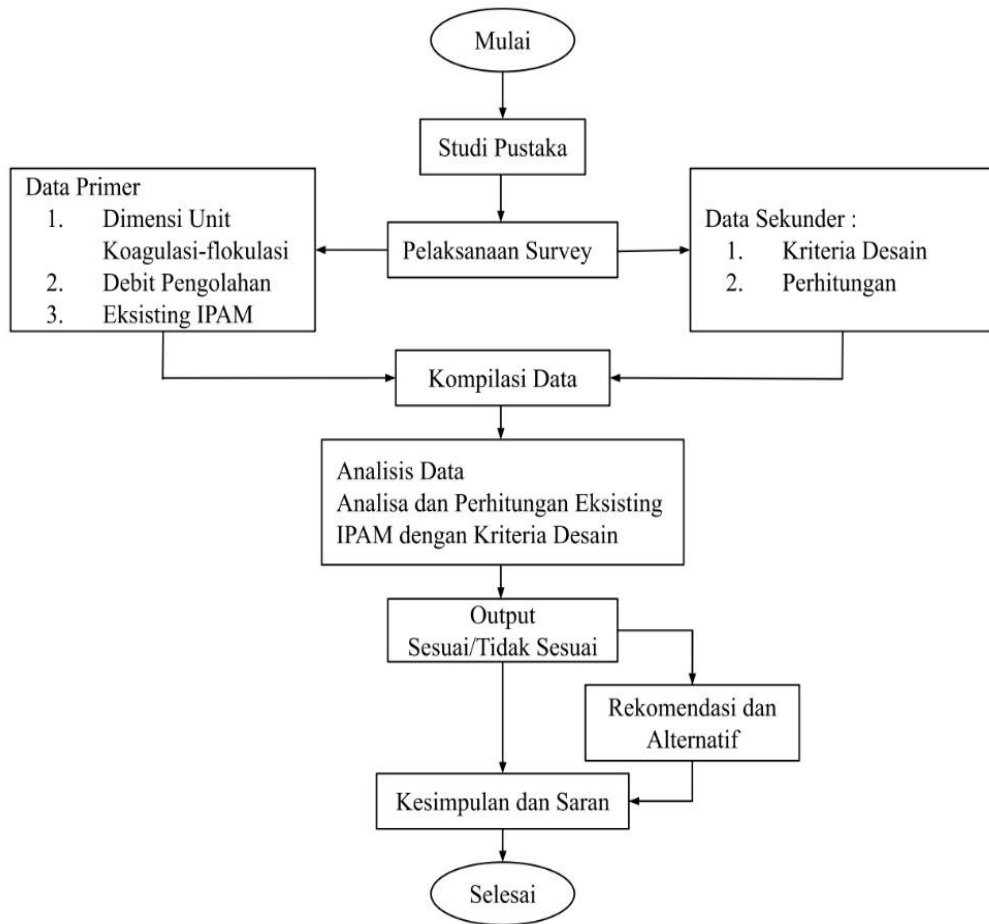
Air baku merupakan salah satu bahan dasar dalam proses pengolahan air minum yang diambil dari sumber-sumber yang memenuhi standar baku mutu. Sumber air yang biasa dipakai sebagai air baku yang nantinya digunakan untuk keperluan minum adalah air hujan, dan air tanah, air permukaan, sedangkan air laut jarang digunakan karena membutuhkan teknologi tinggi dan biaya yang mahal untuk mengolahnya. Penentuan sumber air baku dalam pengolahan mempertimbangkan data yang didapatkan melalui penelitian secara periodik dengan rentang 5 hingga 10 tahun (Kawamura, 2000). Menurut Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum 2015 menjelaskan air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut air baku adalah air yang berasal dari sumber air permukaan, air tanah, air hujan dan air laut yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum. Adapun juga persyaratan yang dimaksud telah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan. Persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologi, dan radiologi sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping. Tantangan yang didapat pada perusahaan pengolahan air adalah semakin meningkatnya penduduk serta

aktivitas domestik dan industri yang menyebabkan meningkatnya kebutuhan air (Rizqiain & Others, 2021). Keadaan air baku yang ada di setiap daerah memiliki kualitas dan karakteristik yang berbeda dari beban pencemar yang disumbangkan, hal ini tergantung dari tingkat kepadatan penduduk serta pola hidup masyarakat di daerah tersebut (Jannah et al., 2021). Untuk menjadikan air baku menjadi air minum melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan perlu diketahui beban pencemar apa saja yang terkandung pada air baku. Parameter pencemar seperti coliform, suspended solid, logam berat dan lain-lain, perlu diperhatikan dengan begitu proses pengolahan air baku menjadi air minum yang efektif dan efisien dapat terwujud. Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) atau Water Treatment Plant (WTP) menjadi solusi yang didalamnya terdapat berbagai unit instalasi atau bangunan dengan desain dan fungsinya masing-masing untuk memasok dan pendistribusian air baku yang telah diolah menjadi air minum kepada masyarakat (Marlis & Arbi, 2017). Bersumber pada kondisi tertentu pada setiap wilayah maka diharapkan suatu unit pengolahan air yang memadai dan pemaksimalan pada setiap unit seiring dengan naiknya populasi penduduk.

Menganalisa sistem kerja pada unit instalasi bisa ditilik berdasarkan perbandingan dari hasil perhitungan kondisi eksisting dari persyarat eksisting IPAM perihal standar-standar yang merupakan elemen krusial di sistem operasional unit bangunan menggunakan kriteria desain perencanaan bangunan (Chamdan & Purnomo, 2013). Koagulasi-flokulasi yang merupakan proses dilakukannya pengadukan cepat dan lambat untuk membentuk flok-flok agar menjadi besar dan stabil untuk diendapkan. Bersumber pada kondisi tersebut pada penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pada unit koagulasi-flokulasi pada IPA 1 dan 2 PT. Hanarida Tirta Birawa dengan parameter satuan waktu detensi (td) dan gradien kecepatan (G) telah sesuai atau tidak kondisi yang ada dengan kriteria standar yang ditetapkan. Kemajuan IPTEK terkait riset pada unit koagulasi-flokulasi di PT. Hanarida Tirta Birawa meliputi evaluasi dan penyesuaian parameter teknis seperti waktu detensi (td) dan gradien kecepatan (G) sesuai dengan standar SNI 6774:2023 untuk memaksimalkan proses pembentukan flok dan pengendapan partikel pencemar pada air. Selain itu, penerapan pengadukan mekanis dengan agitator pada proses flokulasi untuk membentuk flok yang lebih besar dan stabil juga merupakan kemajuan teknologi yang diterapkan. Pengadaan desain alternatif bentuk unit koagulasi yang sesuai dengan kriteria desain teknis dan hidrolis, serta penggunaan mixer yang lebih tahan lama untuk efisiensi jangka panjang dalam proses pengadukan awal secara hidrolis. Hal ini menunjukkan penerapan teknologi desain dan peralatan mekanik yang lebih optimal untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses koagulasi-flokulasi PT. Hanarida Tirta Birawa dalam pemenuhan kebutuhan air bersih pada masyarakat sekitar.

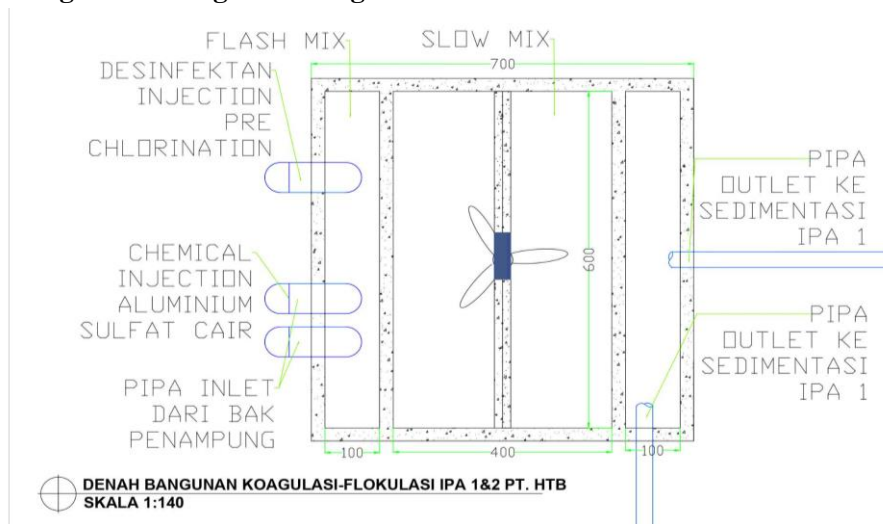
METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah menggunakan tahapan studi yang meliputi kajian literatur mengumpulkan dan mengulas literatur dan standar teknis terkait proses koagulasi-flokulasi, pengumpulan data primer juga sekunder, pengolahan data, komparasi hasil, dan penarikan kesimpulan juga rekomendasi alternatif yang bisa diambil untuk memaksimalkan proses produksi, secara diagram bisa dilihat gambar 1. Tahapan penelitian diawali dengan studi pustaka mengenai instalasi pengolahan air minum, kemudian dilanjutkan dengan survey dan pengumpulan data maupun sekunder pada PT. Hanarida Tirta Birawa. Setelah mendapatkan data yang diinginkan dilakukan analisis data yaitu perhitungan dan evaluasi eksisting instalasi, data-data tersebut yang kemudian akan digunakan untuk kompilasi data dan melakukan analisis perhitungan eksisting IPA dengan kriteria desain serta evaluasi pada unit koagulasi-flokulasi IPA 1 dan 2 dan penarikan kesimpulan juga rekomendasi alternatif yang bisa diambil untuk memaksimalkan proses produksi.

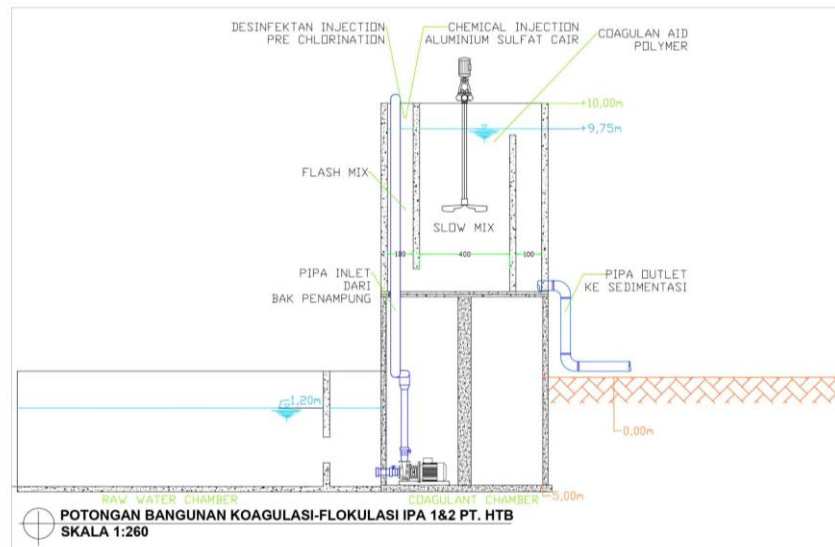


Gambar 1. Tahapan Penelitian
(Sumber : Penulis, 2025)

Denah dan Potongan Eksisting Unit Koagulasi-Flokulasi IPA 1 dan 2



Gambar 2. Denah Bangunan Koagulasi-Flokulasi IPA 1 dan 2 PT. HTB
(Sumber : Penulis, 2025)



Gambar 3. Potongan Bangunan Koagulasi-Flokulasi IPA 1 dan 2 PT. HTB
(Sumber : Penulis, 2025)

Spesifikasi unit koagulasi-flokulasi adalah:

Koagulasi Instalasi Pengolahan Air (IPA) 1 dan 2 Spesifikasi :

| | |
|-----------------------------|--|
| Debit (Q) | : 0,461 m ³ /detik |
| Panjang bak (P) | : 6 m |
| Lebar Bak (L) | : 1 m |
| Tinggi Bak (T) | : 15 m |
| Lebar Bukaannya/Celah (Lb) | : 1 m |
| Tinggi Bukaannya/Celah (Tb) | : 6 m |
| Konstanta Bukaannya/Celah | : 0,2 |
| Suhu | : 28 °C |
| Massa Jenis air (ρ) | : 997 kg/m ³ |
| Gravitasi (g) | : 9.81 m/s ² |
| Viskositas Dinamik (μ) | : 0,8363 × 10 ⁻³ N.s/m ² |

Flokulasi Instalasi Pengolahan Air (IPA) 1 dan 2 Spesifikasi :

| | |
|-----------------------------|---|
| Debit (Q) | : 0,461 m ³ /detik |
| Panjang bak (P) | : 6 m |
| Lebar Bak (L) | : 4 m |
| Tinggi Bak (T) | : 15 m |
| Kecepatan Pengadukan (n) | : 80 RPM = 1,3 RPS |
| Diameter Turbin | : 0,89 m |
| Jenis Impeller | : <i>Flat Paddles, 2 blades (single paddle)</i> |
| Konstanta Impeller (Kt) | : 2,25 |
| Lebar Bukaannya/Celah (Lb) | : 1 m |
| Tinggi Bukaannya/Celah (Tb) | : 6 m |
| Konstanta Bukaannya/Celah | : 0,2 |
| Suhu | : 28 °C |
| Massa Jenis air (ρ) | : 997 kg/m ³ |
| Gravitasi (g) | : 9.81 m/s ² |
| Viskositas Dinamik (μ) | : 0,8363 × 10 ⁻³ N.s/m ² |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi Unit Pengolahan

Unit Koagulasi

Koagulasi dan flokulasi merupakan proses penting yang digunakan untuk mengendapkan partikel koloid dan tersuspensi pada air secara efektif dengan penggunaan zat kimia berupa koagulan (Yahya et al., 2025). Proses koagulasi pada IPA 2 PT Hanarida Tirta Birawa terjadi pada menara yang berada pada atas permukaan tanah berbentuk persegi panjang yang dibagi menjadi beberapa bilik, yang dibagi pada bilik pertama untuk proses pengadukan cepat (koagulasi) secara hidrolis terjunan menggunakan pompa sentrifugal yang dimana dilakukan pre-klorinasi dan penambahan koagulan bahan kimia sucolite, sedangkan bilik kedua untuk pengadukan lambat (flokulasi) secara mekanis dengan agitator. Berdasarkan SNI 6774-2023 kriteria unit koagulasi sebagai berikut :

Tabel 1. Kriteria Unit Koagulasi Berdasarkan SNI 6774:2023

| Parameter | Satuan | Kriteria | |
|-----------------------|---------------------|----------------------|----------|
| | | In-line static mixer | Terjunan |
| Waktu detensi (td) | detik | 1 - 5 | 15 - 20 |
| Gradien kecepatan (G) | detik ⁻¹ | ≥ 500 | ≥ 500 |

(Sumber : SNI 6774:2023)

(Sumber : Data Hasil Survey Lapangan di PT. Hanarida Tirta Birawa)

Perhitungan Koagulasi

$$\begin{aligned} \text{Volume (V)} &= P \times L \times T \\ &= 6m \times 1m \times 15m \\ &= 90 m^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu Detensi (td)} &= \frac{V}{Q} \\ &= \frac{90 m^3}{0,461 m^3/s} \\ &= 195 \text{ detik} = 3,25 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas celah (Ab)} &= Lb \times Tb \\ &= 6 m \times 1 m \\ &= 6 m^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kec. aliran (Vb)} &= \frac{Q}{Ab} \\ &= \frac{0,461 m^3/s}{6 m^2} \\ &= 0,0768 m/s \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss celah (Hb)} &= k \times \frac{vb^2}{2 \times g} \\ &= 0,2 \times \frac{(0,0768 m/s)^2}{2 \times 9,81 m^2/s} \\ &= 0,903 \times 10^{-4} m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gradien Kec. (G)} &= \sqrt{\frac{Q \times \rho \times g \times hb}{\mu \times V}} \quad (\text{Reynolds \& Richards, 1996}) \\ &= \sqrt{\frac{0,525 m^3/s \times 997 kg/m^3 \times 9,81 m^2/s \times 0,903 \times 10^{-4} m}{0,8363 \times 10^{-3} N.s/m^2 \times 90 m^3}} \end{aligned}$$

$$= 2,33 \text{ detik}^{-1}$$

Dari hasil dan data eksisting yang didapatkan dengan membandingkan kriteria pada SNI 6774:2023, bangunan unit koagulasi-flokulasi pada proses pengadukan cepat (koagulasi) instalasi pengolahan air (IPA) 1 dan 2 PT. Hanarida Tirta Birawa sebagai berikut :

Tabel 2. Kesesuaian Kriteria Desain Unit Koagulasi IPA 1 dan 2 PT. Hanarida Tirta Birawa

| Parameter | Kriteria Desain | Sumber | Satuan | Perhitungan | Ket. |
|-----------------------|-----------------|------------------|---------------------|-------------|----------------|
| Waktu Detensi (td) | 15 - 20 | SNI 6774:2023 | detik | 195 | Tidak memenuhi |
| Gradien kecepatan (G) | ≥ 500 | | detik ⁻¹ | 2,33 | Tidak memenuhi |

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan pada unit koagulasi IPA 1 dan 2 bahwa desain tidak memenuhi standar SNI 6774:2023. Oleh karena itu dibutuhkan analisis lebih lanjut mengenai lama waktu detensi dan gradien kecepatan agar sesuai dengan standar SNI 6774:2023.

Unit Flokulasi

Proses flokulasi atau pengadukan cepat pada IPA 2 di PT. Hanarida Tirta Birawa dilakukan secara mekanis dengan menggunakan agitator. Hal ini dilakukan untuk membentuk flok yang lebih besar dari koagulan yang disuntikkan pada unit koagulasi. Pengendapan dalam penurunan kekeruhan yang optimal sangat terpengaruh dari berhasil maksimal atau tidaknya flok yang terbentuk pada flokulasi (Wardhani et al., 2024). Flok tersebut kemudian akan saling bertumbukan dengan sesama flok atau dengan partikel kotoran yang ada dalam air baku sehingga akan menggabung membentuk gumpalan flok yang besar sehingga mudah mengendap (M. Said, 2009). Berdasarkan SNI 6774:2023 kriteria unit koagulasi sebagai berikut :

Tabel 3. Kriteria Unit Flokulasi Berdasarkan SNI 6774:2023

| Parameter | Satuan | Kriteria | |
|-----------------------|---------------------|-----------|-----------|
| | | Hidraulis | Clarifier |
| Gradien kecepatan (G) | detik ⁻¹ | 100 - 10 | 100 - 10 |
| Waktu detensi (td) | detik | 15 - 30 | 30 - 45 |

(Sumber : SNI 6774:2023)

Perhitungan Flokulasi

Kompartemen 1 (Pengadukan Mekanis)

$$\begin{aligned} \text{Volume (V)} &= P \times L \times T \\ &= 6m \times 4m \times 15m \\ &= 360 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu Detensi (td)} &= \frac{V}{Q} \\ &= \frac{360 \text{ m}^3}{0,461 \text{ m}^3/\text{s}} \\ &= 780 \text{ detik} = 13 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{Power} = Kt \times n^3 \times Di^5 \times \rho \quad (\text{Reynolds, 1996})$$

$$\begin{aligned}
&= 2,25 \times 1,33^3 \text{ rps} \times 0,89^5 \text{ m} \times 997 \text{ kg/m} \\
&= 2969,23 \text{ N.m/s} \\
\text{Gradien Kec. (G)} &= \sqrt{\frac{P}{\mu \times V}} \quad (\text{Reynolds, 1996}) \\
&= \sqrt{\frac{2969,23 \text{ N.m/s}}{0,0008363 \text{ N.s/m}^3 \times 360 \text{ m}^3}} \\
&= 99,31 \text{ /s}
\end{aligned}$$

Kompartemen 2 (Pengadukan Hidrolis)

$$\begin{aligned}
\text{Volume (V)} &= P \times L \times T \\
&= 6 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 15 \text{ m} \\
&= 90 \text{ m}^3 \\
\text{Waktu Detensi (td)} &= \frac{V}{Q} \\
&= \frac{90 \text{ m}^3}{0,461 \text{ m}^3/\text{s}} \\
&= 195 \text{ detik} = 3,25 \text{ menit}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas celah (Ab)} &= Lb \times Tb \\
&= 6 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\
&= 6 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kec. aliran (Vb)} &= \frac{Q}{Ab} \\
&= \frac{0,461 \text{ m}^3/\text{s}}{6 \text{ m}^2} \\
&= 0,0768 \text{ m/s}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Headloss celah (Hb)} &= k \times \frac{vb^2}{2 \times g} \\
&= 0,2 \times \frac{(0,0768 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,81 \text{ m}^2/\text{s}^2} \\
&= 0,903 \times 10^{-4} \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Gradien Kec. (G)} &= \sqrt{\frac{Q \times \rho \times g \times hb}{\mu \times V}} \quad (\text{Reynolds, 1996}) \\
&= \sqrt{\frac{0,525 \text{ m}^3/\text{s} \times 997 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m}^2/\text{s}^2 \times 0,903 \times 10^{-4} \text{ m}}{0,8363 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2 \times 90 \text{ m}^3}} \\
&= 2,33 \text{ detik}^{-1}
\end{aligned}$$

Waktu detensi total (Tdr)

$$\begin{aligned}
\text{Tdr} &= \text{Td1} + \text{Td2} \\
&= 780 \text{ detik} + 195 \text{ detik} \\
&= 975 \text{ detik} \\
&= 16,25 \text{ menit}
\end{aligned}$$

Dari hasil dan data eksisting yang didapatkan dengan membandingkan kriteria pada SNI 6774:2023, bangunan unit koagulasi-flokulasi pada proses pengadukan lambat (flokulasi) instalasi pengolahan air (IPA) 1 dan 2 PT. Hanarida Tirta Birawa sebagai berikut :

Tabel 4. Kesesuaian Kriteria Desain Unit Flokulasi IPA 1 dan 2 PT. Hanarida Tirta Birawa

| Parameter | Kriteria Desain | Sumber | Satuan | Perhitungan | Ket. |
|-----------------------|-----------------|---------------|---------------------|-------------|----------|
| Waktu Detensi (td) | 15 - 30 | SNI 6774-2008 | menit | 653 | Memenuhi |
| Gradien kecepatan (G) | 10 - 100 | SNI 6774:2023 | detik ⁻¹ | 99,31 | Memenuhi |

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan pada unit flokulasi IPA 1 dan 2 bahwa sudah memenuhi desain standar SNI 6774:2023. Oleh karena itu tidak perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai lama waktu detensi dan gradien karena telah sesuai dengan standar SNI 6774:2023.

Optimalisasi dan Rekomendasi

Hasil analisis menunjukkan optimalisasi pada unit koagulasi perlu dilakukan dengan melakukan beberapa solusi alternatif yaitu :

Tanpa Mengubah Bentuk Eksisting

Membuat alternatif unit koagulasi yang telah dievaluasi dan mengganti parameter yang telah dihitung dengan parameter kriteria desain dan menggunakannya sesuai dengan kondisi detail engineering design (DED) eksisting unit. Dengan tanpa mengubah bentuk eksisting parameter yang diganti adalah sebagai berikut :

Waktu detensi (td), diasumsikan waktu detensi pada rentang yang memenuhi kriteria SNI 6774:2023 dengan asumsi 20 detik.

$$\begin{aligned} \text{Volume (V)} &= P \times L \times T \\ &= 6m \times 1m \times 15m \\ &= 90m^3 \\ \text{Waktu detensi (td)} &= \frac{V}{Q} \\ 20 \text{ detik} &= \frac{90 m^3}{Q} \\ \text{Debit (Q)} &= 4,5 m^3/s \end{aligned}$$

Gradien kecepatan, diasumsikan gradien kecepatan pada rentang yang memenuhi kriteria SNI 6774:2023 dengan asumsi 500 detik⁻¹.

$$\begin{aligned} \text{Gradien Kec. (G)} &= \sqrt{\frac{Q \times \rho \times g \times hb}{\mu \times V}} \\ 500 \text{ detik}^{-1} &= \sqrt{\frac{4,5 m^3/s \times 997 kg/m^3 \times 9,81 m^2/s \times hb}{0,8363 \times 10^{-3} N.s/m^2 \times 90 m^3}} \\ \text{Headloss Celah (Hb)} &= 0,427 m, \text{ untuk salah satu faktor yang akan diubah yaitu kecepatan aliran, maka} \\ \text{Headloss celah (Hb)} &= k \times \frac{vb^2}{2 \times g} \\ 0,427 m &= 0,3 \times \frac{vb^2}{2 \times 9,81 m^2/s} \\ \text{Kecepatan aliran (Vb)} &= 5,28 m/s \end{aligned}$$

Evaluasi rekomendasi yang diberikan untuk waktu detensi dan gradien kecepatan ini akan berpengaruh pada proses pengendapan, sehingga saat proses pembentukan flok terjadi menjadi tidak mudah pecah dan terbentuk sempurna (Said, 2017). Saran yang diberikan pada waktu detensi (td) pada bagian baik koagulasi yang tidak sesuai ini dapat melakukan penambahan debit yang sebelumnya $0,461 \text{ m}^3/\text{s}$ menjadi $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Optimalisasi dan rekomendasi evaluasi waktu detensi mendapatkan hasil sebesar 20 detik, hasil tersebut telah memenuhi kriteria desain yang ada sesuai pada SNI 6774:2023.

Segi ekonomis dapat ditinjau dari seiring bertambahnya debit yang masuk pada unit koagulasi-flokulasi IPA 1 dan 2 maka bertambah juga kadar pembubuhan koagulan. Pembunuhan yang terjadi pada menara koagulasi IPA 1 dan 2 dengan rata-rata pembubuhan tiap harinya sebesar $+0,4 \text{ m}^3/\text{hari}$ akan berangsur naik. Biaya dalam memasok jumlah koagulan *sucolite* juga akan bertambah mengakibatkan perbedaan dari beberapa segi. Pada sisi positif akan menambah pasokan yang masuk pada PDAM dan pelayanan pada masyarakat akan lebih banyak, namun segi negatif yang terjadi adalah akan perlu penambahan biaya yang cukup besar, hal ini untuk rehabilitasi unit dan air baku, pengawasan pada unit dan pasokan koagulan *sucolite* dan juga segi *maintenance* dalam pengelolaan debit yang semakin besar.

Alternatif Bentuk Lain

Rekomendasi lain bisa dilakukan dengan mengubah bentuk tanpa melakukan penambahan debit yang sebenarnya. Hal ini bisa menjadi rekomendasi dan suatu cara lain untuk memaksimalkan kinerja pada proses pembubuhan koagulan yang terjadi pada unit koagulasi. Rekomendasi yang diberikan adalah 1 unit koagulasi circular dengan pengadukan mekanik dengan agitator melalui perancangan dan perhitungan sebagai berikut :

Kriteria Perancangan :

Diameter impeller (D_i) = 30% - 50% dari diameter tangki
Nre Turbulen > 10000

Sumber: (Reynolds & Richards. 1996. *Unit operation and processes in environmental engineering 2nd edition, page 185. PWS Publishing*)

Massa jenis air (ρ), T (28°) = $996,26 \text{ kg/m}^3$
Viskositas Kinematik (ν) = $0.000008036 \text{ m}^2/\text{s}$
Viskositas Dinamik (μ) = $0.0008363 \text{ N s/m}^2$

Sumber: (Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 175-762. Boston: PWS Publishing Company*)

Data Perancangan :

Debit (Q) = $0,469 \text{ m}^3/\text{s}$
Diameter (D) = $2,12 \text{ m}$
Tinggi (H) = $2,65 \text{ m}$
Diameter Impeller (D_i) = $0,8 \text{ m}$.
Baffle = 10% Dari Diameter Tabung
Jumlah Unit Bak Pembubuh = 1 Unit
Kecepatan putaran propeller (n) = $180 \text{ rpm} = 0,3 \text{ rps}$

Perhitungan :

Freeboard = $H \times 20\%$
= $2,65 \text{ m} \times 20\%$
= $0,53 \text{ m}$
Tinggi Total (H_{tot}) = $H + \text{Freeboard}$

$$\begin{aligned}
&= 2,65 \text{ m} + 0,53 \text{ m} \\
&= 3,18 \text{ m} \\
\text{Volume (V)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H_{tot} \\
&= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (2,12)^2 \times 3,18 \text{ m} \\
&= 9,38 \text{ m}^3 \\
\text{Waktu detensi (td)} &= \frac{V}{Q} \\
&= \frac{9,38 \text{ m}^3}{0,469 \text{ m}^3/\text{s}} \\
&= 20 \text{ detik} \\
\text{D. Impeller (Di)} &= x\% \times D \\
0,8 \text{ m} &= x\% \times 2,12 \text{ m} \\
x &= 37,7\% \quad \text{(Oke, 30\% - 50\%)} \\
\text{Power} &= Kt \times n^3 \times Di^5 \times \rho \quad \text{(Reynolds, 1996)} \\
&= 0,3 \times 3^3 \text{ rps} \times 0,8^5 \text{ m} \times 997 \text{ kg/m} \\
&= 2822,66 \text{ N.m/s} \\
\text{Gradien Kec. (G)} &= \sqrt{\frac{P}{\mu \times V}} \quad \text{(Reynolds, 1996)} \\
&= \sqrt{\frac{2822,66 \text{ N.m/s}}{0,0008363 \text{ N.s/m}^3 \times 9,38 \text{ m}^3}} \\
&= 599,85 /\text{s} \\
\text{Cek Nre} &= \frac{Di^2 \times n}{v} \\
&= \frac{0,8^2 \times 0,3 \text{ rps}}{0,00008036 \text{ m}^2/\text{s}} \\
&= 23892,48 > \mathbf{10000 \text{ (memenuhi)}} \\
\text{Cek Nfr} &= \frac{Di \times n^2}{g} \\
&= \frac{0,44 \times 11.7^2}{9,81 \text{ m}^2/\text{s}} \\
&= 0,00403 > \mathbf{10^{-5} \text{ (memenuhi)}}
\end{aligned}$$

Dari hasil dan data eksisting yang didapatkan dengan membandingkan kriteria pada SNI 6774-2023, bangunan unit koagulasi-flokulasi pada proses pengadukan cepat (koagulasi) instalasi pengolahan air (IPA) 1 dan 2 PT. Hanarida Tirta Birawa sebagai berikut :

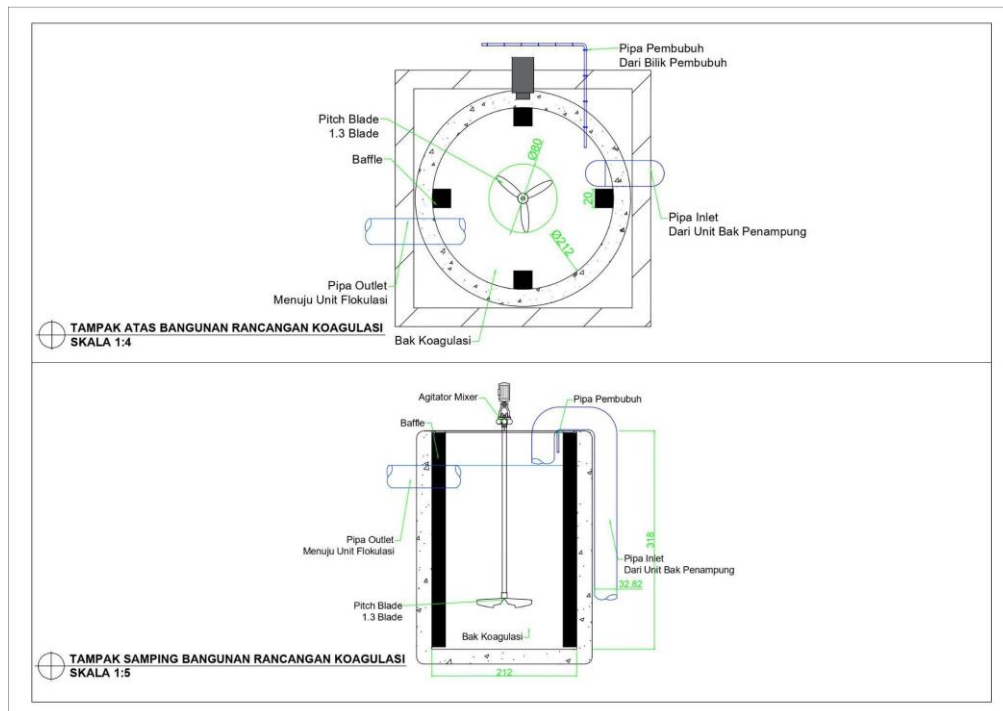
Tabel 5. Hasil Evaluasi Unit Bak Koagulasi-Flokulasi

| Evaluasi | Parameter | Kriteria Desain | Sumber | Satuan | Perhitungan | Ket. |
|----------------------------|-----------------------|-----------------|---------------|---------------------|-------------|----------|
| Tanpa Mengubah Bentuk Unit | Waktu Detensi (td) | 15 - 30 | SNI 6774:2023 | detik | 20 | Memenuhi |
| | Gradien kecepatan (G) | 10 - 100 | | detik ⁻¹ | 500 | Memenuhi |
| Alternatif Bentuk Lain | Waktu Detensi (td) | 15 - 30 | SNI 6774:2023 | detik | 20 | Memenuhi |

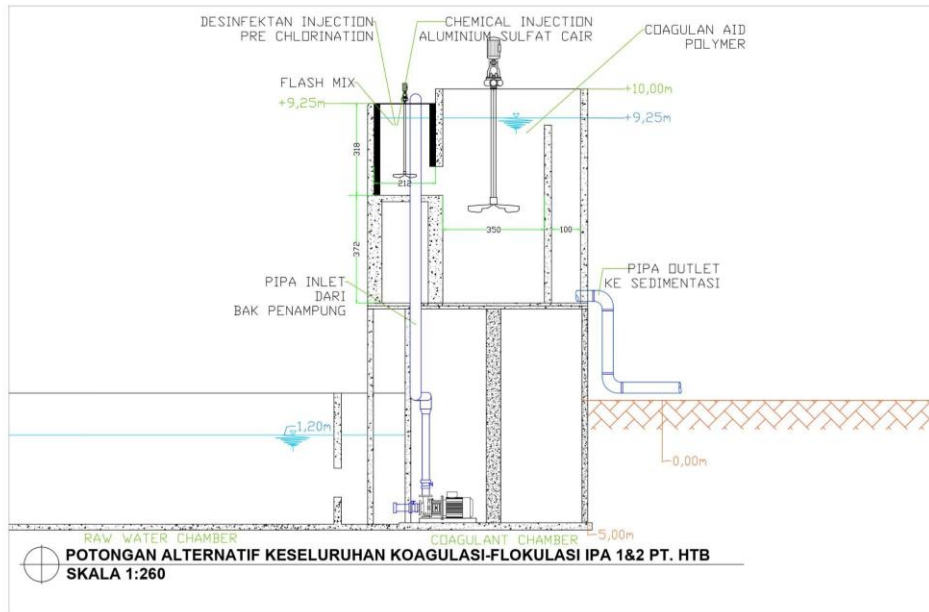
| Evaluasi | Parameter | Kriteria Desain | Sumber | Satuan | Perhitungan | Ket. |
|----------|------------------------|-------------------|------------------|---------------------|-------------|----------|
| | Gradien kecepatan (G) | 10 - 100 | | detik ⁻¹ | 599 | Memenuhi |
| | Diameter Impeller (Di) | 30 - 50 | Reynold, 1996 | % | 37,7 | Memenuhi |
| | Reynolds Number (Nre) | >10000 | | - | 23892,48 | Memenuhi |
| | Froude Number(Nfr) | >10 ⁻⁵ | | - | 0,00403 | Memenuhi |

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dengan desain yang telah dibuat dan tertera pada **Gambar 4.** dan **Gambar 5.** perlu juga membuat Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang merupakan suatu perkiraan kebutuhan biaya yang diperlukan untuk melaksanakan suatu kegiatan pekerjaan. RAB disusun berdasarkan harga satuan pekerjaan dan volume pekerjaan yang dilaksanakan sesuai dengan bentuk dan ukuran yang telah direncanakan dan dihitung pada rekomendasi koagulasi dengan mengubah bentuk unit awal pada unit koagulasi di PT. Hanarida Tirta Birawa. Hasil dari RAB pada perubahan yang ada pada unit koagulasi bisa menjadi pertimbangan dan evaluasi ekonomis yang dapat dipertimbangkan perusahaan dalam pengembangan unit. RAB pra konstruksi, pekerjaan konstruksi dan pengadaan barang, juga pekerjaan sistem manajemen K3 untuk pembangunan optimalisasi dan rekomendasi koagulasi pada tabel 6.



Gambar 4. Desain Unit Koagulasi dengan Alternatif Bentuk Lain
(Sumber : Penulis, 2025)



Gambar 5. Desain Keseluruhan Unit Koagulasi-Flokulasi dengan Alternatif
(Sumber : Penulis, 2025)

Tabel 6. RAB Total

| REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA | | |
|--|--|---------------------------|
| No | URAIAN PEKERJAAN | TOTAL BIAYA |
| I | PRA KONSTRUKSI | Rp. 86.991.361,23 |
| II | PEKERJAAN KONSTRUKSI DAN PENGADAAN BARANG | Rp. 260.306.695,38 |
| III | PEKERJAAN SISTEM MANAJEMEN K3 | Rp. 20.660.000,00 |
| | Jumlah | Rp. 367.958.056,61 |
| | PPn 12% | Rp. 44.154.966,79 |
| | Terbilang | Rp. 412.113.023,40 |
| | Pembulatan | Rp. 412.113.000,00 |

(Sumber : Penulis, 2025)

Berdasarkan dari hasil analisa yang ada pada kondisi eksisting pada PT. Hanarida Tirta Birawa perlu adanya evaluasi yang diperuntukan pada unit koagulasi yang tidak memenuhi kriteria pada SNI 6774:2023. Optimalisasi perlu dilakukan pada unit yang tidak sesuai, hal yang dapat dilakukan pada unit koagulasi agar bisa mencapai kriteria desain yang sesuai terdapat beberapa cara, yang dimana :

1. Menaikan debit yang masuk dari unit bak penampung menuju bak koagulasi menjadi 4,5 m³/s, dengan diubahnya debit akan menjadikan unit koagulasi pada PT. Hanarida Tirta Birawa dengan bentuk yang tetap sama tanpa mengubah *detail engineering design* (DED) juga memenuhi kriteria yang ada sesuai dengan SNI 6774:2023.
2. Mengubah bentuk unit koagulasi dengan alternatif-alternatif lain yang sesuai dengan meninjau kesesuaian kriteria desain.

Secara segi ekonomis dari kedua alternatif optimalisasi unit koagulasi IPA 1 dan 2 PT. Hanarida Tirta Birawa dapat ditilik dari berbagai sisi baik dari investasi awal, efisiensi operasional, pemeliharaan, skalabilitas dan juga fleksibilitas tergantung dari kebutuhan perusahaan. Alternatif 1 dinilai cocok untuk solusi jangka pendek dengan biaya investasi yang lebih rendah dan implementasi yang lebih cepat, namun peningkatan efisiensi terbatas karena tidak mengubah bentuk unit koagulasi secara signifikan. Skema yang ada pada Alternatif 2 menawarkan solusi jangka panjang yang lebih efektif dan sesuai standar SNI 6774:2023 dengan desain baru dan pengadukan mekanik, meskipun memerlukan investasi awal yang lebih besar (sekitar Rp. 412 juta) dan biaya pemeliharaan lebih tinggi.

Dengan evaluasi dan rekomendasi tersebut akan menjadikan unit koagulasi-flokulasi pada PT. Hanarida Tirta Birawa lebih efisien dan lebih maksimal terutama pada IPA 1 dan 2 dalam pembentukan flok dan pencampuran koagulan yang menjadikan proses pengendapan partikel pencemar pada unit sedimentasi bekerja secara maksimal dalam penurunan kadar kekeruhan, TDS, dan warna.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi kondisi eksisting yang ada pada unit koagulasi-flokulasi di IPA 1 dan 2 PT. Hanarida Tirta Birawa terdapat beberapa kriteria desain yang tidak memenuhi dan memenuhi pada hasil analisa. Pada Unit flokulasi yang ada secara eksisting keseluruhan memenuhi dan sesuai dengan kriteria desain yang ada. Unit koagulasi secara keseluruhan berdasarkan perhitungan dan hasil analisis menunjukkan ketidaksesuaian baik pada komponen gradien kecepatan (G) dan waktu detensi (t_d).

Alternatif pertama yang mempertahankan bentuk eksisting unit koagulasi-flokulasi dengan penyesuaian parameter seperti waktu detensi dan debit masuk dapat mengefisienkan tahap pengadukan awal secara hidrolis tanpa perlu perubahan besar pada struktur, sehingga biaya investasi dan pemeliharaan relatif lebih rendah. Namun, alternatif ini memerlukan pemantauan dan maintenance pipa pengadukan secara berkala dengan penggunaan mixer yang tahan lama untuk menjaga efisiensi jangka panjang.

Sementara itu, alternatif kedua yang mengusulkan perubahan bentuk unit koagulasi menjadi desain circular dengan pengadukan mekanik menggunakan agitator memerlukan investasi awal yang lebih besar karena melibatkan pembangunan ulang unit dan instalasi peralatan mekanik baru. Namun, desain ini lebih sesuai dengan kriteria teknis dan standar SNI 6774:2023 sehingga berpotensi meningkatkan efisiensi proses koagulasi-flokulasi secara signifikan. Melihat dari segi ekonomis, alternatif pertama lebih hemat biaya dan cocok untuk solusi jangka pendek, sedangkan alternatif kedua membutuhkan investasi lebih besar namun menawarkan efisiensi dan kinerja yang lebih optimal dalam jangka panjang.

PT. Hanarida Tirta Birawa melakukan uji kualitas air secara berkala untuk menjaga kualitas air yang dihasilkannya. Uji ini dilakukan setiap dua jam sekali, setiap hari, dan setiap bulan. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 adalah standar yang digunakan setiap hari dan bulan. PT Hanarida Tirta Birawa mengawasi kualitas air baku dan produksi setiap bulan untuk menyediakan air bersih layak guna untuk masyarakat dengan adanya evaluasi, optimalisasi dan penyesuaian akan membantu dalam pengembangan proses produksi seiring dengan bertambahnya populasi penduduk mengacu pada pemenuhan standar kualitas air yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

Chamdan, A., & Purnomo, A. (2013). Kajian Kinerja Teknis Proses Dan Operasi Unit Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi Pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Kedunguling PDAM Sidoarjo. *Jurnal Teknik ITS*, 2(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v2i2.4427>

- Jannah, F. Z. J. Z., Zuhri, M. S., & Mulyadi, E. (2021). Optimasi Kadar Ozon Dalam Proses Disinfeksi Bakteri Coliform Pada Pengolahan Air Minum. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2), 59–65.
- Kawamura, S. (2000). *Integrated design and operation of water treatment facilities*. John Wiley & Sons.
- Marlis, I. S., & Arbi, Y. (2017). *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Minum Kelurahan Tarantang Kecamatan Lubuk Kilangan Kota Padang*. Skripsi.
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan, Pub. L. No. 2 (2023). <https://peraturan.bpk.go.id/Details/245563/permenkes-no-2-tahun-2023>
- Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 122 Tahun 2015 Tentang Sistem Penyediaan Air Minum, Pub. L. No. 122 (2015). <https://peraturan.bpk.go.id/Details/5701>
- Reynolds, T. D., & Richards, P. A. (1996). Unit Operations and Processes in Environmental Engineering. In *Cengage learning series in engineering*. PWS Publishing Company. <https://books.google.co.id/books?id=9oViQgAACAAJ>
- Rizqiain, R., & Others. (2021). Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Minum di PT Hanarida Tirta Birawa Unit IPA 1 dan IPA 2. In *Prosiding Seminar Teknologi Perencanaan, Perancangan, Lingkungan dan Infrastruktur* (pp. 399–405).
- Said, M. (2009). Pengolahan air limbah laboratorium dengan menggunakan koagulan alum sulfat dan poli aluminium klorida (PAC). *Jurnal Penelitian Sains*, 9(12), 38–43.
- Said, N. I., & Eng, M. (2017). Teknologi Pengolahan Air Limbah. *Jakarta: Erlangga*, 228–230.
- SNI 6774:2023 Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air Sebagai Revisi Dari Sni 6774:2008 Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air, Pub. L. No. 6774 (2023). <https://akses-sni.bsn.go.id/viewsni/baca/10542>
- Wardhani, N. K., Badriani, R. E., & Prमितasari, N. (2024). Optimasi Kecepatan dan Waktu Pengadukan pada Proses Koagulasi dalam Menurunkan Kekeruhan Menggunakan Biokoagulan Biji Ketapang: Optimization of Stirring Speed and Time in the Coagulation Process in Reducing Turbidity Using Ketapang Seed Biocoagulant. *JURNAL PROTEKSI: Jurnal Lingkungan Berkelanjutan*, 4(2), 77–86.
- Yahya, P., Kartika, R. N., & Pratama, Y. P. (2025). Penggunaan Koagulan Tawas untuk Mengolah Limbah Cair dari Proses Pencucian Plat pada Pencetakan Offset. *Seminar Nasional Inovasi ...*. <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/sniv/article/view/3830>