

**PENURUNAN *TOTAL SUSPENDED SOLID* DAN KEKERUHAN  
AIR BAKU MENGGUNAKAN PIPA *CIRCULAR* DAN *GRAVEL  
BED FLOCCULATOR* DENGAN KOAGULAN *POLY ALUMINIUM  
CHLORIDE***

**Maulidya Hani Rizky dan Naniek Ratni JAR**

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur  
Email: [nanik\\_rjar@upnjatim.ac.id](mailto:nanik_rjar@upnjatim.ac.id)

**ABSTRAK**

Air permukaan mengandung banyak zat padat berupa partikel tersuspensi maupun koloidal dapat menyebabkan kekeruhan pada air sehingga tidak memenuhi baku mutu dan tidak layak digunakan sebagai air bersih. Zat padat dapat disisihkan dengan proses koagulasi-flokulasi, di mana adanya penambahan bahan kimia untuk membentuk flok. Proses koagulasi-flokulasi hidrolis adalah proses pengadukan dengan aliran air sebagai pengaduk karena adanya energi hidrolis. Pipa sirkular memiliki keuntungan dapat menghemat tempat. *Gravel bed flocculator* memiliki kemampuan dapat mempersingkat waktu flokulasi (3-5 menit). Pada penelitian ini, variasi yang diterapkan adalah dosis koagulan (55, 65, 75, 85, dan 95 (mg/L)), waktu kontak flokulasi (3, 4, dan 5 (menit)), dan perbandingan ketinggian ukuran media kerikil 20 mm:30 mm (2:1 dan 1:2) untuk mengetahui pengaruh terhadap penyisihan total suspended solid (TSS) dan kekeruhan. Hasil penelitian menunjukkan pengadukan hidrolis optimum pada dosis koagulan 95 mg/L, waktu kontak flokulasi 5 menit, dan perbandingan ketinggian ukuran media kerikil 20 mm:30 mm (1:2) mampu menyisihkan kandungan total suspended solid (TSS) sebesar 83,22% dan kekeruhan 92,06%.

***Kata kunci:*** *Pipa Circular, Gravel Bed Flocculator, Proses Koagulasi-Flokulasi*

**ABSTRACT**

*Surface water contains many solid substances in the form of suspended or colloidal particles which can cause turbidity in water so that it does not fulfill quality standards and not suitable for use as clean water. Solid substances can be set aside by the coagulation-flocculation process, where there is the addition of chemicals to form floc. The hydraulic coagulation-flocculation process is a stirring process that utilizes water flow as a mixer because of the presence of hydraulic energy. The circular pipe has the advantage of being able to save space. Gravel bed flocculator has the ability to shorten the flocculation time (3-5 minutes). In this study, variations applied were coagulant doses (55, 65, 75, 85, and 95 (mg/L)), contact time for flocculation (3, 4, and 5 (minutes)), and the height ratio gravel media size of 20 mm: 30 mm (2: 1 and 1: 2) to determine the effect on removal of total suspended solid (TSS) and turbidity. The results showed optimum hydraulic stirring at a coagulant dose of 95 mg/L, flocculation contact time of 5 minutes, and height ratio of gravel media size of 20 mm: 30 mm (1: 2) capable of removing a total suspended solid (TSS) content of 83.22% and turbidity 92.06%.*

***Keywords:*** *Circular Pipe, Gravel Bed Flocculator, Coagulation-Flocculation Process*

## **PENDAHULUAN**

Air permukaan merupakan sumber potensial air baku yang banyak digunakan oleh masyarakat dalam memenuhi kebutuhan air bersih karena jumlahnya yang melimpah. Namun, pada saat ini kondisinya masih jauh dari standar minimum yang ditetapkan oleh pemerintah. Air permukaan masih mengandung banyak zat padat maupun zat organik sehingga tidak layak digunakan sebagai air bersih. Zat padat berupa partikel tersuspensi maupun koloidal dapat menyebabkan kekeruhan pada air. Partikel koloid umumnya memiliki muatan listrik yang sama yaitu muatan negatif sehingga timbul gaya tolak menolak antar partikel dan menjadikan partikel stabil (Putri, 2014).

Kekeruhan dari partikel koloid ini dapat disisihkan dengan proses fisika-kimia yaitu koagulasi-flokulasi-sedimentasi. Proses koagulasi merupakan proses penambahan bahan kimia yang biasa disebut koagulan untuk proses destabilisasi partikel tersuspensi karena koagulan memiliki muatan positif sehingga terjadi gaya tarik menarik antara koagulan dan partikel tersuspensi. Adanya proses pengadukan cepat dan lambat, partikel-partikel tersuspensi akan bersatu dan menjadi besar membentuk flok. Flok ini dapat disisihkan dengan proses sedimentasi, filtrasi, atau proses lainnya (Said, 2017).

Pengadukan hidrolis merupakan salah satu proses pengolahan air berdasarkan energinya dimana memanfaatkan energi air untuk pengaduk seperti jatuhan, lompatan hidrolis, dan energi gesek media butiran (Masduqi & Assomadi, 2012).

Pengadukan cepat yang digunakan adalah pipa *circular*. Pengadukan ini terjadi dalam saluran pipa atau selang tertutup. Dalam pipa, aliran dipengaruhi oleh panjang pipa, diameter pipa, belokan pipa, kecepatan aliran, dan viskositas (Hamzani, 2019). Pembubuhan koagulan dibutuhkan pipa dengan diameter berkisar 0.6-1.3 cm. Rancangan ini dapat diterapkan pada proses koagulasi karena memiliki keuntungan yaitu dapat menghemat tempat.

Pengadukan lambat hidrolis yang digunakan adalah *gravel bed flocculator*. Flokulator dengan media berbutir ini memiliki kemampuan mengaduk flok diantara bebatuan

dengan waktu kontak yaitu 3-5 menit. Dibandingkan dengan proses flokulasi pada uji *jarrest* maupun konvensional yang membutuhkan waktu pengadukan sekitar 15-25 menit (Puspitasari, 2014).

Menurut Said (2008), *Poly Aluminium Chloride* (PAC) digunakan karena dapat bekerja pada pH 6-8, pada penggunaan yang berlebih tidak menyebabkan kekeruhan, dan memiliki kandungan basisitas sehingga penurunan pH pada hasil akhir tidak terlalu besar atau air hasil olahan memiliki pH yang stabil. Chamdan & Purnomo (2013) menyebutkan bahwa *range* pH optimal PAC adalah 5-8.5.

Pada penelitian ini proses koagulasi-flokulasi dilakukan dengan metode pengolahan secara hidrolis yaitu pipa sirkular dan *gravel bed flocculator*. Dengan waktu yang singkat tersebut diharapkan dapat menghasilkan persen penyisihan yang maksimal terhadap *total suspended solid* (TSS) dan kekeruhan yang ada dalam sampel air yang akan digunakan.

## **METODE PENELITIAN**

### **Bahan dan Alat**

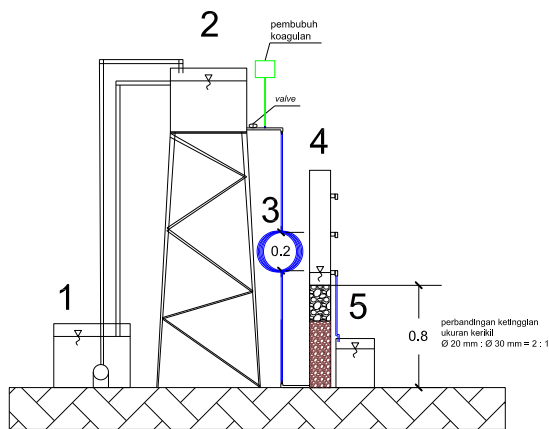
- Bahan: air sungai Banjar Poh di Sidoarjo, koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC), dan batu kerikil ukuran 20 mm dan 30 mm.
- Alat: bak penampung, bak pengatur debit, bak pembubuh koagulan, bak pengendap, selang transparan, peralatan *gravel bed flocculator*, pH meter, termometer, dan mesin pompa.

### **Cara Kerja**

Berikut merupakan cara kerja atau langkah-langkah penelitian:

1. Air baku ditampung di bak penampung kemudian dipompakan ke bak pengatur debit dengan diatur waktu tinggalnya untuk menjaga debit tetap stabil.
2. Air dari bak pengatur debit dibubuhkan koagulan PAC sesuai dengan dosis yang telah direncanakan (55, 65, 75, 85, dan 95 (mg/L)).
3. Proses koagulasi terjadi di pipa *circular* berupa selang transparan dengan diameter 0.01 m dan panjang selang 6 meter selama 5 detik.

4. Setelah proses koagulasi, air akan masuk ke dalam reaktor flokulasi secara *upflow*. Air mengalir ke atas karena tekanan.
5. Proses flokulasi dengan waktu kontak 3 menit, 4 menit, dan 5 menit terjadi di reaktor berdiameter 0.165 m, media *bed* yang digunakan kerikil berukuran 20 mm dan 30 mm.
6. Air hasil olahan proses flokulasi akan masuk ke dalam bak pengendap untuk mengendapkan flok-flok yang telah terbentuk selama 60 menit.
7. Titik sampling yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pada titik *outlet* hasil olahan.



Gambar -1: Desain Reaktor

**Variabel**

- Variabel bebas
  - Variasi dosis koagulan (mg/L) = 55, 65, 75, 85, dan 95
  - Variasi waktu kontak flokulasi (menit) = 3, 4, dan 5
  - Variasi perbandingan ketinggian ukuran media kerikil pada unit flokulasi = 2:1 dan 1:2
    - td = 3 menit, Htotal = 0.8 m
    - td = 4 menit, Htotal = 1 m
    - td = 5 menit, Htotal = 1.3 m
- Variabel tetap
  - Jenis koagulan = *Poly Aluminium Chloride* (PAC)
  - Debit = 5.55 L/menit
  - Waktu kontak koagulasi = 5 detik
  - Waktu pengendapan = 60 menit
- Variabel terikat
  - *Total Suspended Solid* (TSS) (mg/L)
  - Kekeruhan (NTU)
- Variabel kontrol
  - Suhu (28 ± 3 °C)

**Analisis**

Analisis untuk parameter *total suspended solid* (TSS) sesuai dengan metode SNI 06-6989.3-2004 yaitu gravimetri, pH dengan metode SNI 06-6989.11-2004 yaitu pH meter dan kekeruhan dengan turbidimeter. Analisis data dilakukan jika data sudah didapatkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Analisis statistika data dilakukan dengan metode *One-Way ANOVA*. Data yang telah didapatkan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Air sungai tersebut diuji agar mengetahui karakteristiknya, sehingga dapat menentukan pengolahan yang tepat. Berikut persen penyisihan TSS dan kekeruhan air hasil olahan:

**Tabel -1:** Persen Penyisihan TSS dan Kekeruhan Air Sungai Banjar Poh

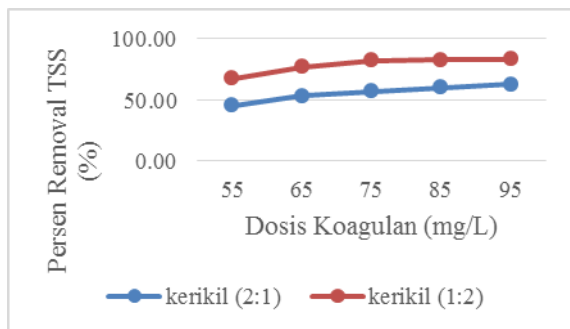
Variabel			Persen TSS (%)	Persen Keruh (%)
Waktu kontak (menit)	Tinggi media (m)	Dosis PAC (mg/L)		
3	20mm: 30mm= 2:1	55	24.41	10.10
		65	30.37	17.36
		75	34.08	21.44
		85	39.93	28.87
		95	40.39	31.86
	20mm: 30mm= 1:2	55	27.04	16.49
		65	29.21	21.34
		75	37.25	35.67
		85	44.59	41.44
		95	45.62	46.29
4	20mm: 30mm= 2:1	55	31.66	25.57
		65	37.58	37.11
		75	45.18	46.80
		85	49.81	57.11
		95	50.93	61.03
	20mm: 30mm= 1:2	55	60.60	52.37
		65	63.99	66.91
		75	67.81	78.35
		85	71.77	87.42
		95	73.91	89.90
5	20mm: 30mm= 2:1	55	45.29	39.38
		65	53.49	53.40
		75	57.08	59.75
		85	59.89	66.80
		95	62.84	69.48
	20mm: 30mm= 1:2	55	67.60	82.35
		65	77.22	89.38
		75	82.10	91.13
		85	82.98	91.55
		95	83.22	92.06

Sumber: Hasil analisis Laboratorium BPKI, 2020

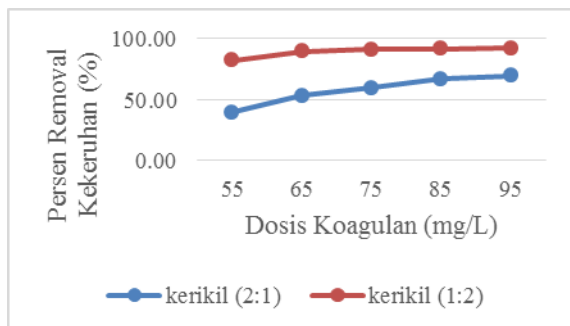
Penyisihan *total suspended solid* (TSS) dan kekeruhan terbaik terjadi pada dosis koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) 95 mg/L dengan waktu kontak flokulasi 5 menit dan variasi perbandingan ketinggian ukuran media kerikil diameter 20 mm : 30 mm (1:2) sebesar 83.22% dan 92.06%.

**Hubungan Dosis Koagulan terhadap Penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) dan Kekeruhan**

Dosis koagulan pada proses koagulasi merupakan faktor yang memengaruhi dalam proses pengolahan. Dosis koagulan yang digunakan harus tepat sesuai dengan kondisi air yang diolah sehingga pengolahan dan penyisihan optimal. Berikut grafik hubungan dosis koagulan terhadap penyisihan *total suspended solid* (TSS) dan kekeruhan.



**Gambar -2:** Hubungan antara Dosis Koagulan (mg/L) dengan Penyisihan TSS (%) pada Variasi Perbandingan Ketinggian Ukuran Kerikil dan Waktu Kontak Flokulasi 5 Menit



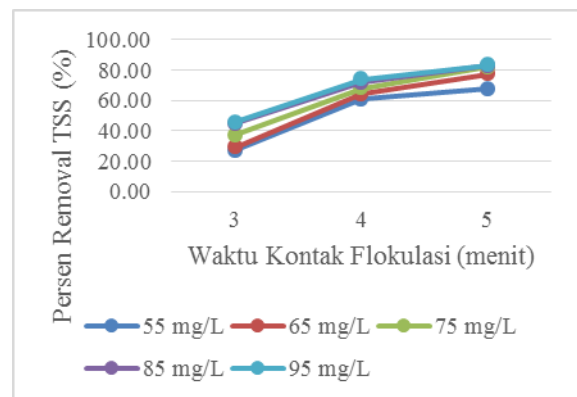
**Gambar -3:** Hubungan antara Dosis Koagulan (mg/L) dengan Penyisihan Kekeruhan (%) pada Variasi Perbandingan Ketinggian Ukuran Kerikil dan Waktu Kontak Flokulasi 5 Menit

Gambar 3 dan 4 menunjukkan peningkatan pada tiap kenaikan dosis koagulan. Sehingga pada penelitian ini dosis optimum terjadi pada dosis koagulan 95 mg/L. Dosis koagulan dikatakan optimum ketika memiliki pengaruh paling tinggi terhadap penyisihan *total*

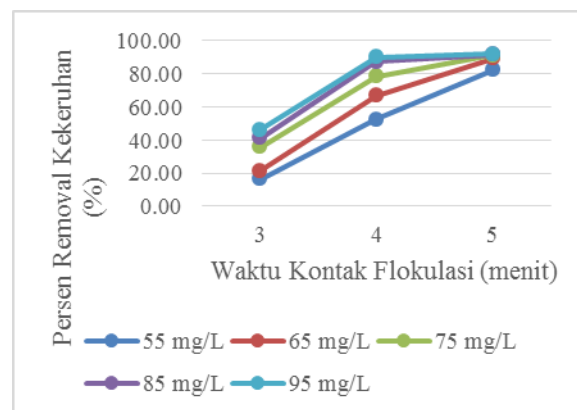
*suspended solid* (TSS) dan kekeruhan. Jenis koagulan dan kemurnian reagen serta karakteristik atau kualitas pada air yang akan diolah dapat memengaruhi dosis optimum koagulan. Menurut Risdianto (2007), dosis optimum pada koagulan PAC yaitu 75-250 mg/L. Partikel koloid pada air baku memiliki muatan negatif, dengan penambahan koagulan yang bermuatan positif maka akan saling mengikat sehingga dapat membentuk flok (Said, 2017).

**Hubungan Waktu Kontak Flokulasi terhadap Penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) dan Kekeruhan**

Waktu kontak pada proses flokulasi (*gravel bed flocculator*) merupakan lama waktu yang dibutuhkan untuk proses penggabungan flok-flok diantara bebatuan. Berikut grafik hubungan waktu kontak flokulasi terhadap penyisihan *total suspended solid* (TSS) dan kekeruhan.



**Gambar -4:** Hubungan antara Waktu Kontak Flokuasi (Menit) dengan Penyisihan TSS (%) pada Variasi Dosis Koagulan dan Perbandingan Ketinggian Ukuran Kerikil (1:2)

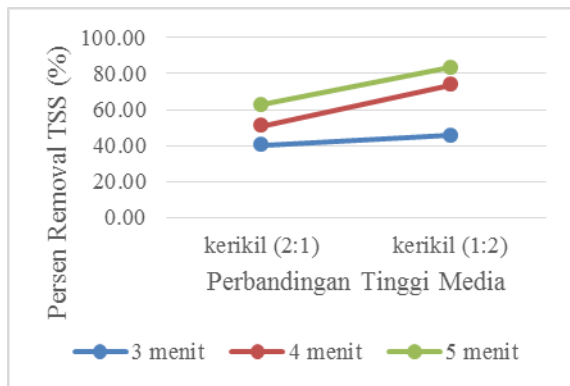


**Gambar -5:** Hubungan antara Waktu Kontak Flokuasi (Menit) dengan Penyisihan Kekeruhan (%) pada Variasi Dosis Koagulan dan Perbandingan Ketinggian Ukuran Kerikil (1:2)

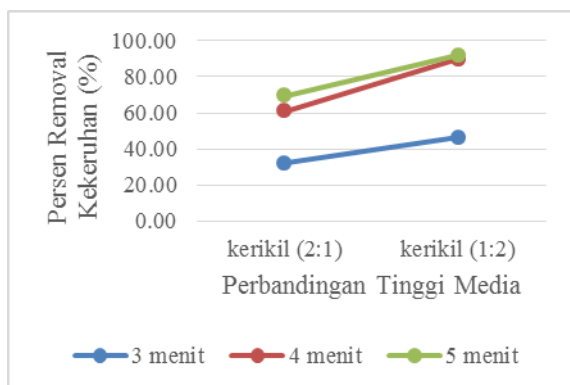
Gambar 6 dan 7 menunjukkan bahwa pada tiap variasi waktu kontak flokulasi terus meningkat. Pengaruh variasi waktu kontak flokulasi hidrolis pada metode *gravel bed flocculator* terhadap penyisihan *total suspended solid* (TSS) dan kekeruhan pada penelitian ini diperoleh waktu terbaik yaitu 5 menit. Semakin lama waktu kontak flokulasi, maka semakin banyak terjadinya penggabungan flok-flok. Penggabungan flok-flok dipengaruhi oleh waktu kontak dan pengadukan lambat (Notodarmodjo et al., 2004).

**Hubungan Variasi Perbandingan Ketinggian Ukuran Media Kerikil Terhadap Penurunan Total Suspended Solid (TSS) dan Kekeruhan**

Ukuran media pada proses flokulasi dengan metode *gravel bed flocculator* berpengaruh terhadap gradien kecepatan yang dihasilkan. Berikut grafik hubungan ketinggian ukuran media kerikil terhadap penyisihan *total suspended solid* (TSS) dan kekeruhan.



**Gambar -6:** Hubungan antara Perbandingan Ketinggian Ukuran Media Kerikil dengan Penyisihan TSS (%) pada Variasi Waktu Kontak Flokulasi dan Dosis Koagulan 95 mg/L



**Gambar -7:** Hubungan antara Perbandingan Ketinggian Ukuran Media Kerikil dengan Penyisihan Kekeruhan (%) pada Variasi Waktu Kontak Flokulasi dan Dosis Koagulan 95 mg/L

Terlihat pada gambar 9 dan 10 menunjukkan perbandingan 1:2 lebih tinggi dari pada 2:1. Ukuran media kerikil memengaruhi gradien kecepatan pada pengadukan lambat. Semakin besar ukuran diameter media kerikil maka semakin besar pula pori-pori yang ada dan nilai gradien kecepatan akan semakin menurun. Pembentukan flok yang baik, maka gradien kecepatan perlu diturunkan perlahan agar flok-flok yang telah terbentuk tidak pecah lagi dan berkesempatan bergabung dengan yang lain (Puspitasari, 2014). Pada *gravel bed flocculator upflow*, lapisan bawah berdiameter kecil dan membesar ke atas (Hamzani & Raharja, 2019).

**KESIMPULAN**

1. Efektifitas proses pengolahan air sungai Banjar Poh Sidoarjo menggunakan metode pipa sirkular dan *gravel bed flocculator* dengan penambahan koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) terhadap parameter *total suspended solid* (TSS) dan kekeruhan masing-masing sebesar 83.22% dan 92.06%. Uji normalitas menunjukkan bahwa data penyisihan parameter telah berdistribusi normal (p-value = 0.150).
2. Tidak ada pengaruh signifikan dosis terhadap penyisihan TSS dan kekeruhan dengan nilai p-value = 0.484 dan 0.372; uji Tukey's comparisons = 55=65=75=85=95; dan Hsu's MCB comparisons = 59.48 dan 65.10, sehingga jika dilihat dari mean terbesar maka dosis terbaik adalah dosis 95 mg/L.  
 Ada pengaruh signifikan waktu kontak terhadap penyisihan TSS dan kekeruhan dengan nilai p-value = 0.000; uji Tukey's comparisons = 3<4<5; dan Hsu's MCB comparisons = 67.17 dan 73.53, sehingga waktu kontak terbaik adalah waktu 5 menit.  
 Ada pengaruh signifikan perbandingan tinggi media terhadap penyisihan TSS dan kekeruhan dengan nilai p-value = 0.008 dan 0.010; uji Tukey's comparisons = 2:1<1:2; dan Hsu's MCB comparisons = 60.99 dan 65.51, sehingga perbandingan tinggi terbaik adalah perbandingan 1:2.

**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 Pomits*, 2(2), D-118-D-123.
- Hamzani, S. (2019). Rancangan Proses Koagulasi Model Pipa Melingkar pada Pengolahan Air. *Buletin Profesi Insinyur*, 2(3), 108–110.
- Hamzani, S., & Raharja, M. (2019). Rekayasa Proses Koagulasi-Flokulasi untuk Pengolahan Air Sungai di Desa Lok Baintan Kabupaten Banjar - Process Engineering of Coagulation-Flokulation for River Water Treatment in Lok Baintan Village , Banjar Regency. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basar*, 4(2), 285–290.
- Masduqi, A., & Assomadi, A. F. (2012). *Operasi dan Proses Pengolahan Air*. Surabaya: ITS PRESS.
- Notodarmodjo, S., Astuti, A., & Juliah, A. (2004). Kajian Unit Pengolahan Menggunakan Media Berbutir dengan Parameter Kekерuhan, TSS, Senyawa Organik dan pH. *ITB Journal of Sciences*, 36(2), 97–115.
- Puspitasari, M. (2014). Pengolahan Air Menggunakan Gravel Bed Flocculator Ditinjau Dari Parameter Kekерuhan dan Total Coli. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(2), D-162-D-166.
- Putri, H. Y. (2014). Pengolahan Air Menggunakan Gravel Bed Flocculator Ditinjau Dari Parameter Warna dan Zat Organik. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(2), D-167-D-171.
- Risdianto, D. (2007). Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. Sido Muncul). In *Thesis*. Universitas Diponegoro.
- Said, N. I. (2008). *Teknologi Pengelolaan Air Minum: Teori dan Pengalaman Prakti*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Said, N. I. (2017). *Teknologi Pengolahan Air Limbah: Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Penerbit Erlangga.