

## Efektivitas Koagulan PAC dan Aluminium Sulfat dengan Kombinasi Flokulan pada Limbah Cair Pabrik Sepeda Motor

Audy Putri Mursitaningrum, Dea Kirana Fricilia, Lisa Adhani\*

Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Jalan Harsono RM No. 67, Pasar Minggu, Kota Jakarta Selatan, DKI Jakarta, Indonesia, 12550

\*email korespondensi: [lisa.adhani@dsn.ubharajaya.ac.id](mailto:lisa.adhani@dsn.ubharajaya.ac.id)

**Received:** 4 September 2023; **Revised:** 7 Desember 2023; **Accepted:** 4 Maret 2024; **Published:** 1 Agustus 2024

### ABSTRAK

Industri kendaraan bermotor baik perakitan maupun pembuatan spare part tidak terlepas dari adanya limbah produksi, terutama limbah cair yang harus diolah sebelum dapat dibuang ke lingkungan. Bahan kimia sebagai koagulan seperti Poly Aluminium Chloride (PAC) dan Aluminium Sulfat (tawas) sudah banyak digunakan pada pengolahan limbah cair terutama untuk mengurangi partikel Total Suspended Solids (TSS) dalam rangka mengurangi kekeruhan air. Selain itu proses koagulan ini juga dapat menurunkan Chemical Oxygen Demand (COD) dan Biological Oxygen Demand (BOD). Studi ini mengkombinasi koagulasi-flokulasi dengan jenis flok yaitu Poly Acrylamide Flocculant (PAF), untuk membentuk flok yang mempercepat proses pengendapan semua partikel yang terlarut. Kombinasi ini menjadi kebaruan penelitian ini, karena masih belum banyak dikenal pada proses pengolahan limbah di pabrik sepeda motor, serta menemukan bahan koagulan yang terbaik. Metode pada studi ini yaitu One Group Pretest-Posttest, dengan tujuan mengetahui efisiensi PAC dan tawas. Hasil menunjukkan data yang didapat dengan melakukan uji jar test yaitu pada penambahan koagulan, lama pengendapan, serta endapan yang terbentuk. Setelah proses jar test dapat dilihat hasil efisiensi penggunaan bahan-bahan koagulan yang digunakan dapat mempengaruhi limbah cair yang dihasilkan dari pengolahan koagulasi. Berdasarkan penelitian yang telah diuji coba koagulan yang paling baik menurunkan kadar COD, BOD, TSS adalah Poly Aluminium Chloride (PAC) dengan konsentrasi 10% menghasilkan penurunan BOD 94,16% dan COD 94,14% sedangkan penurunan kadar COD dan BOD menggunakan Aluminium Sulfat dengan dosis yang sama, menghasilkan penurunan BOD 83,22% dan COD 81,32%. Selain itu, menggunakan koagulan PAC tidak membuat limbah menjadi keruh dan terbilang aman bagi lingkungan bila pemakaian dosisnya berlebih.

**Kata-kata kunci:** aluminium sulfat; Jar Test; koagulasi; limbah cair; Poly Aluminium Chloride

### PENDAHULUAN

Berdasarkan data perkembangan jumlah kendaraan bermotor menurut jenis (unit) yang diperoleh Badan Pusat Statistik pada tahun 2019 – 2021 yang didapat dari Kepolisian Republik Indonesia menunjukkan bahwa terjadi peningkatan jumlah sepeda motor tiap tahunnya, sebelumnya pada tahun 2019 terdapat 112.771.136 unit sepeda motor, tahun 2020 terdapat 115.023.039 unit sepeda motor, dan tahun 2021 terdapat 120.042.298 unit sepeda motor. Terjadinya peningkatan jumlah sepeda motor tentu saja berpengaruh terhadap industri produksi sepeda motor yang ikut meningkat dan hal ini tidak terlepas dari adanya limbah produksi terutama limbah cair yang harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan. Hal ini dimaksudkan agar zat berbahaya yang terkandung didalamnya tidak ikut terbuang ke lingkungan (Sulistiyono, 2018).

Berdasarkan data pencemaran yang diperoleh Badan Pusat Statistik pada tahun 2012 yang didapat dengan uji laboratorium dengan pengambilan sampel di lima titik pencemaran pada saluran drainase menunjukkan pencemaran pada parameter utama TSS 1130,2 mg/L; BOD 180,27 mg/L; dan COD 392,23 mg/L sedangkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2018 (Kemen-LHK, 2018) baku mutu parameter yang diperlukan *effluent* menuju badan air yaitu TSS 60 mg/L, BOD 30 mg/L dan COD 200 mg/L. Nilai TSS, COD, dan BOD pada laboratorium tentunya di atas ambang baku mutu limbah kawasan industri, sehingga dibutuhkan pengolahan terlebih dahulu.

Salah satu jenis pengolahan limbah yang sering digunakan pengolahan secara kimia yaitu dengan proses Koagulasi-Flokulasi. Koagulasi adalah proses penambahan dan pencampuran suatu koagulan dilanjutkan dengan destabilisasi zat koloid tersuspensi dan diakhiri dengan pembentukan partikel berukuran besar menggunakan *floc* (Eckenfelder, 1986) dan jenis *floc* yang digunakan yaitu Poly Acrylamide

*Floculant (PAF)*. Koagulan yang umumnya digunakan adalah garam - garam Aluminium seperti Aluminium Sulfat dan *Poly Aluminium Chloride (PAC)* (Said, 2009).

Aluminium sulfat adalah senyawa yang berfasa padat dengan nama lain alum (tawas) yang merupakan produk buatan berbentuk bubuk atau kristal berwarna putih dan biasa digunakan sebagai koagulan dalam proses penjernihan air, sedangkan PAC adalah garam dasar khusus aluminium klorida yang dirancang untuk memberikan daya koagulasi dan flokulasi yang lebih kuat dan lebih baik daripada aluminium biasa dan garam besi dengan wujud berupa cairan jernih kekuningan atau serbuk berwarna kekuningan (Husaini, 2018). Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan melakukan kombinasi koagulan antara PAC dengan aluminium sulfat untuk pengolahan limbah cair pada perusahaan sepeda motor, karena masih jarang ditemukannya literatur yang membahas mengenai penelitian ini.

**EKSPERIMEN**

**Alat dan Bahan**

Pada penelitian ini digunakan koagulan *Poly Aluminium Chloride (PAC)* dengan karakteristik pH 4,35; basisitas 31,22 %; kadar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4,5726 %; kadar Cl 4,24 %; densitas 1,095 gram/mL, Aluminium Sulfat, *Aquadest*, Kapur (Ca(OH)<sub>2</sub>), Limbah cair, dan *Poly Acrylamide Floculant (PAF)*. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *beaker glass* 100 mL, *beaker glass* 500 mL, botol semprot, corong, *Flocculator (Jar Test)*, labu ukur 100 mL, mikropipet, neraca analitik, pH meter, pipet tetes, spatula, dan *Secomam Pastel-UV*. Semua bahan *pro-analysis* dari Merck Indonesia.

**Prosedur Kerja**

Jar tes dimulai dengan memasukkan sampel limbah ke dalam 2 *beaker glass* uji *flocculator* masing masing sejumlah 500 mL dengan menggunakan gelas takar. Proses dilakukan dengan alat *flocculator* dengan kecepatan 100 RPM selama 5 menit dengan masing – masing konsentrasi 10%. Lalu tambahkan koagulan PAC pada *beaker glass* 1 dan aluminium sulfat pada *beaker glass* ke 2 sejumlah 0,5 mL hingga 2 mL. Pada tiap penambahan aduk selama 2 menit dan ukur pH nya, kemudian tambahkan Kapur (Ca(OH)<sub>2</sub>) dengan cara yang sama pada penambahan koagulan hingga pH nya mencapai 7. Selanjutnya tambahkan *Poly Acrylamide Floculant (PAF)* dengan cara yang sama dengan penambahan koagulan secara perlahan-lahan, hingga *floc* yang terbentuk mudah dipisahkan dari cairan limbah beningnya. Pisahkan cairan limbah dengan *floc* yang terbentuk lalu lakukan uji TSS, COD, dan BOD.

**HASIL DAN DISKUSI**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi PAC dan tawas pada proses koagulasi-flokulasi.

**Tabel 1.** Kualitas Air Limbah Sebelum Proses Koagulasi – Flokulasi

No	Parameter	Satuan	Syarat Kualitas Air	Waktu Pengambilan Sampel						
				17-07-23	18-07-23	20-07-23	21-07-23	24-07-23	25-07-23	26-07-23
1	pH	mg/L	6 - 9	6,7	6,8	6,5	6,9	6,7	6,5	6,8
2	TSS	mg/L	150	222	260	148	188	50	91	162
3	COD	mg/L	100	890	1100	820	765	525	490	670
4	BOD	mg/L	50	280	340	254	240	152	140	208

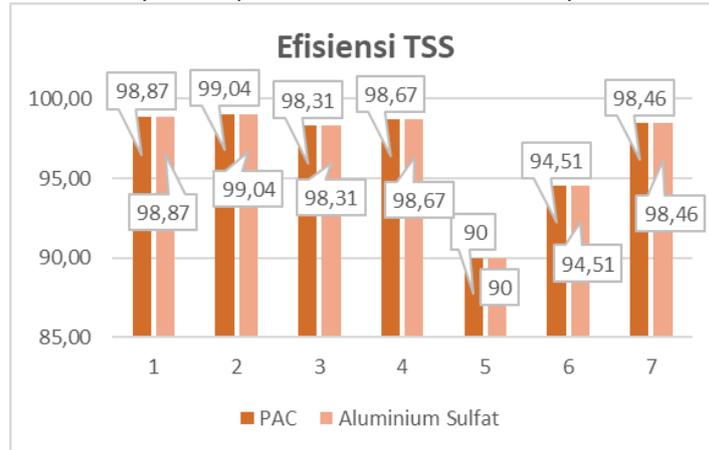
**Tabel 2.** Kualitas Air Limbah Sesudah Proses Koagulasi – Flokulasi

No	Parameter	Satuan	Syarat Kualitas Air	Waktu Pengambilan Sampel													
				17-07-23		18-07-23		20-07-23		21-07-23		24-07-23		25-07-23		26-07-23	
				PAC	Tawas	PAC	Tawas	PAC	Tawas	PAC	Tawas	PAC	Tawas	PAC	Tawas	PAC	Tawas
1	pH		6 - 9	6,8	7,2	6,7	6,9	6,6	7	7,2	7,3	6,9	7	6,6	6,8	7	7,2
2	TSS	mg/L	150	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5	5	5	5	2,5	2,5
3	COD	mg/L	100	67,5	148	82	210	27	141	66	274	17	89	15	65	52	79
4	BOD	mg/L	50	13,8	30,5	16	43	5,6	41,5	13	83	14	21	10	21	15	22

**Pengaruh Koagulan Terhadap Penurunan Kadar TSS**

*Total Suspended Solid* atau padatan tersuspensi solid (TSS) adalah residu dari padatan total tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 µm atau lebih besar dari ukuran koloid (Harahap et al., 2020). Berdasarkan **Gambar 1** dari hasil penelitian yang telah kami lakukan dapat diketahui

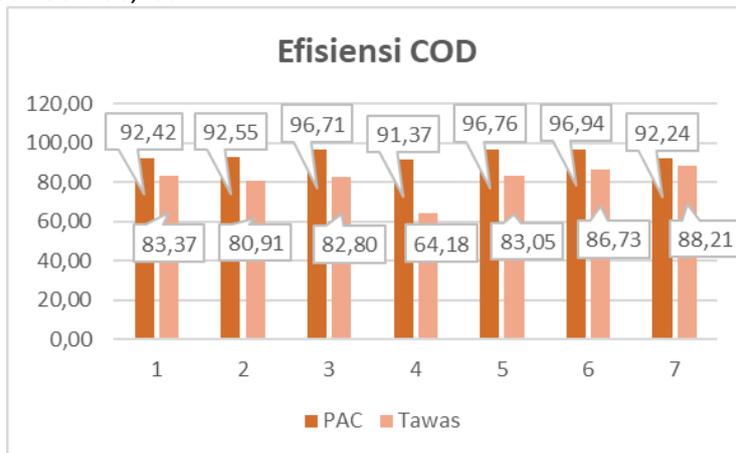
persentase penurunan kadar TSS air limbah sesudah penambahan dua jenis koagulan yaitu *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan Aluminium Sulfat (Tawas) dengan masing-masing dosis 2 mg/L keduanya sama-sama baik dalam menurunkan kadar TSS yaitu dapat menurunkan kadar TSS yaitu 99,04%.



Gambar 1. Persentase Penurunan Kadar TSS Air Limbah Sesudah Penambahan Koagulan

### Pengaruh Koagulan Terhadap Penurunan Kadar COD

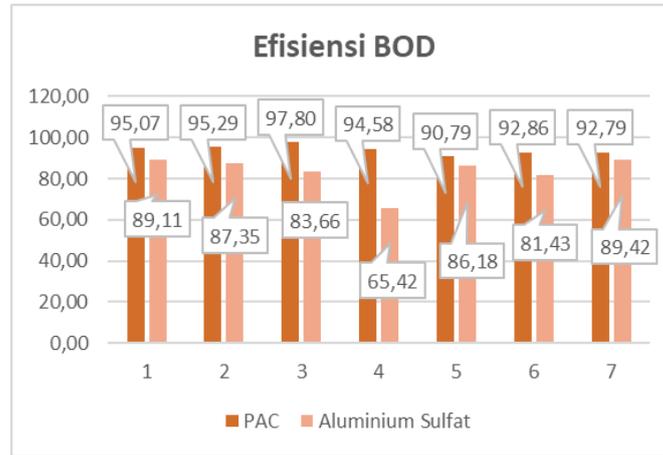
*Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah salah satu parameter penting dalam pengolahan air limbah. COD menunjukkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat – zat *organic* secara kimiawi (Harahap et al., 2020). Berdasarkan Gambar 2 dari hasil penelitian yang telah kami lakukan dapat diketahui persentase penurunan kadar COD air limbah sesudah penambahan dua jenis koagulan yaitu *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan Aluminium Sulfat (Tawas) dengan masing masing dosis 2 mg/L yang lebih baik adalah PAC yaitu dapat menurunkan kadar COD yaitu 96,94%, sedangkan tawas hanya dapat menurunkan kadar COD 86,73%.



Gambar 2. Persentase Penurunan Kadar COD Air Limbah Sesudah Penambahan Koagulan

### Pengaruh Koagulan Terhadap Penurunan Kadar BOD

*Biological Oxygen Demand* (BOD) merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat organik yang tersuspensi dalam air (Royani et al., 2021). Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui persentase penurunan kadar BOD air limbah sesudah penambahan dua jenis koagulan yaitu *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan Aluminium Sulfat (Tawas) dengan masing masing dosis 2 mg/L yang paling baik adalah PAC yaitu dapat menurunkan kadar BOD yaitu 95,29%, sedangkan tawas hanya dapat menurunkan kadar BOD sebesar 65,42%.



Gambar 3. Persentase Penurunan Kadar BOD Air Limbah Sesudah Penambahan Koagulan

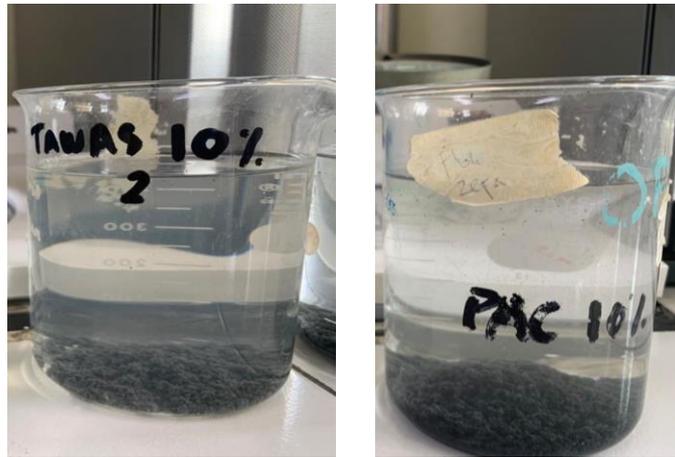
Pengaruh dosis koagulan PAC dan Aluminium Sulfat dengan konsentrasi masing – masing 10% terhadap parameter TSS, COD, dan BOD dapat ditarik kesimpulan berdasarkan hasil akhir setelah proses dekantasi bahwa koagulan PAC lebih efisien daripada koagulan Aluminium Sulfat dalam menurunkan nilai COD dan BOD. Berikut tabel efisiensi penurunan kadar TSS, COD, dan BOD menggunakan koagulan PAC dan Aluminium Sulfat.

Tabel 3. Rata-Rata Efisiensi Pada Setiap Parameter

Percobaan	Efisiensi TSS (%)		Efisiensi COD (%)		Efisiensi BOD (%)	
	PAC	Tawas	PAC	Tawas	PAC	Tawas
1	98,87	98,87	92,42	83,37	95,07	89,11
2	99,04	99,04	92,55	80,91	95,29	87,35
3	98,31	98,31	96,71	82,80	97,80	83,66
4	98,67	98,67	91,37	64,18	94,58	65,42
5	90	90	96,76	83,05	90,79	86,18
6	94,51	94,51	96,94	86,73	92,86	81,43
7	98,46	98,46	92,24	88,21	92,79	89,42
<b>Rata - Rata</b>	<b>96,84</b>	<b>96,84</b>	<b>94,14</b>	<b>81,32</b>	<b>94,17</b>	<b>83,22</b>

**Kondisi Fisik**

Dapat dilihat dari hasil efisiensi penggunaan bahan-bahan koagulan yang digunakan dapat mempengaruhi limbah cair yang dihasilkan dari pengolahan koagulasi, seperti yang kita ketahui koagulan yang lebih baik menurunkan kadar COD dan BOD adalah *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dengan konsentrasi 10% menghasilkan penurunan BOD 94,16% dan COD 94,14% sedangkan penurunan kadar COD dan BOD menggunakan Aluminium Sulfat dengan dosis yang sama, menghasilkan penurunan BOD 83,22% dan COD 81,32%. Selain itu, menggunakan koagulan PAC tidak membuat limbah menjadi keruh bila pemakaian dosisnya berlebih, sedangkan koagulan Aluminium Sulfat bila pemakaian dosisnya berlebih maka akan mengakibatkan limbah cair yang mempunyai kekeruhan yang rendah akan meningkat hal ini terjadi karena terurainya partikel koloid menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif atau akibat dari proses destabilisasi (Haines, 2003). Penggunaan koagulan PAC lebih cepat membentuk *floc* daripada koagulan Aluminium Sulfat diakibatkan dari keefektifan dalam mengikat koloid sehingga gumpalan *floc*nya menjadi lebih padat.



Gambar 4. Sampel dengan penambahan PAC dan Aluminium Sulfat

**Karakteristik Limbah Setelah Proses Koagulasi**

Setelah proses koagulasi selanjutnya dilakukan uji karakteristik limbah cair dengan menggunakan standar *outlet* limbah cair pabrik sepeda motor berdasarkan LKH No.5 tahun 2018 sebagai acuan.

**Tabel 4.** Standar *Outlet* Limbah Cair Pabrik Sepeda Motor Berdasarkan LKH No. 5 Tahun 2018 (Kemen-LHK, 2018)

No	Parameter	Unit	Kadar Maksimal
1	pH	mg/L	6 - 8
2	TSS	mg/L	60
3	COD	mg/L	200
4	BOD	mg/L	30

Dengan adanya standar limbah cair tersebut, tentunya dapat mempermudah proses pengolahan dan penyesuaian terhadap instalasi pengolahan limbah cair di *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) pabrik sepeda motor.

**Tabel 5.** Karakteristik Limbah Cair *Outlet* di Pabrik Sepeda Motor Setelah dilakukan Pengolahan

No	Parameter	Unit	Kadar	Keterangan
1	pH	mg/L	7,8	Memenuhi
2	TSS	mg/L	2,5	Memenuhi
3	COD	mg/L	82	Memenuhi
4	BOD	mg/L	25,9	Memenuhi

Pada uji coba kali ini dilakukan untuk mengetahui pH, dosis koagulan optimum, dan efisiensi koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan Aluminium Sulfat dalam penurunan kadar parameter COD, BOD, dan TSS. Hasil tersebut akan dibandingkan pada standar parameter di pabrik sepeda motor. Berdasarkan **Tabel 5** menunjukkan bahwa setelah pengolahan air limbah yang dihasilkan oleh *Waster Water Treatment* dan limbah cair tersebut aman untuk dibuang ke lingkungan sedangkan hasil endapannya yang termasuk limbah B3 akan ditampung dan diolah oleh pihak selanjutnya.

**KESIMPULAN**

Penggunaan zat koagulan PAC lebih efektif dibanding Alumunium Sulfat dalam penurunan COD dan BOD, dimana pada penelitian ini digunakan konsentrasi 10%. Namun dalam penurunan TSS keduanya memiliki efektivitas yang sama. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa PAC dan Aluminium sulfat dapat menurunkan TSS hingga 96,8%. Efektifitas PAC dan Aluminium sulfat pada penurunan parameter COD terlihat lebih baik yaitu sebesar 94,1% dibandingkan Alumunium Sulfat yaitu 81,3%. Demikian juga pada penurunan parameter BOD dari kedua koagulan tersebut memiliki efisiensi PAC 94,2% lebih bagus dibanding Aluminium sulfat dengan efisiensi 83,2%.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Eckenfelder, W. W. (1986). *Industrial Water Pollution*. Mc. Graw Hill. New York.
- Haines, M. G. (2003). *Impact of Dual Alum and Polyaluminum Chloride Coagulation on Filtration*. Master's Thesis. Colorado State University. Colorado, 82pp.
- Harahap, M. R., Amanda, L. D., & Matondang, A. H. (2020). *Analisis Kadar COD ( Chemical Oxygen Demand ) Dan Tss ( Total Suspended Solid ) Pada Limbah Cair Dengan Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis*. 2(2), 79–83.
- Husaini, Stefanus S. Cahyono, S. dan K. N. H. (2018). *Perbandingan Koagulan Hasil Percobaan Dengan Koagulan Komersial Comparison of Experimental and Commercial Coagulants Using Jar*. 14(September 2017), 31–45. <https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol14.No1.2018.387>
- Kemen-LHK. (2018). *Berita Negara Republik Indonesia. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan RI No5 Tahun 2018*, 151(2), 10–17.
- Rosariawari, F., & Mirwan, M. (2013). *Untuk Menurunkan Kekeruhan Pada Air Permukaan*. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(1), 1–10
- Royani, S., Fitriana, A. S., Bias, A., Enarga, P., & Zufrialdi, H. (2021). *Kajian COD Dan BOD Dalam Air Di Lingkungan Tempat Pemrosesan Akhir ( Tpa ) Sampah Kaliori Kabupaten Banyumas*. 13(82), 40–49.
- Sains, J. P., & Said, M. (2009). *Pengolahan Air Limbah Laboratorium dengan Menggunakan Koagulan Alum Sulfat dan Poli Aluminium Klorida (PAC)*. 2009(C), 38–43.
- Sofiah, D. (2015). *Penggunaan, Perbandingan Alumunium, Poly Pada, Cair Pengolahan, Proses Bersih, A I R Pdam, D I*.
- Sulistiyono 2018. (2018). *Analisis Proses Waste Water Treatment Plant di PT Mane Indonesia*. *Sekolah Tinggi Teknologi Pelita Bangsa Program Studi Teknik Lingkungan Bekasi*, 53(1), 1–8.