

Kombinasi Koagulasi – Flokulasi dan Filtrasi Menggunakan Bahan Alami Pada Limbah Cair Laundry Untuk Menurunkan Parameter TSS dan Kekeruhan

Naufaldy Iqbal Abdillah*, Mohamad Mirwan

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: 20034010051@student.upnjatim.ac.id

Diterima: 2 Oktober 2024

Disetujui: 07 Oktober 2024

Abstract

The growing population in Indonesia can be used by some people to start a laundry business. Laundry waste has several contents, one of which is Total Suspended Solids (TSS). Coagulation-flocculation is one of the processes that can reduce TSS and turbidity parameters. The coagulation-flocculation process with a stirring speed of 100 rpm and 150 rpm with watermelon seed extract biocoagulant, trembesi seed and commercial aluminium sulphate coagulant for comparison. The next stage of processing is filtration processing using rice husk charcoal, silica sand and gravel. The treatment results are then continued with turbidity measurements and TSS test results. The best treatment results in this coagulation-flocculation combination are turbidity parameters with a percentage removal of 77% watermelon seeds, 70% trembesi seeds and 93% aluminium sulphate. The best test results were obtained for TSS parameters with a percentage removal of 80% watermelon seeds, 69% trembesi seeds and 98% aluminium sulphate. The highest percentage removal in the treatment of washing liquid waste using a combined method of coagulation-flocculation and filtration at a dose of 75 ml/l and a stirring speed of 150 rpm.

Keywords: *coagulation - flocculation, filtration, watermelon seeds, trembesi seeds, rice husk charcoal*

Abstrak

Semakin bertambahnya populasi penduduk yang ada di Indonesia, dapat dimanfaatkan sebagian orang untuk membuka usaha laundry. Limbah laundry memiliki beberapa kandungan salah satunya padatan tersuspensi (Total Suspended Solid). Koagulasi – flokulasi merupakan salah satu proses yang bisa menurunkan parameter TSS dan Kekeruhan. Proses koagulasi – flokulasi dengan kecepatan pengadukan 100 rpm dan 150 rpm dengan biokoagulan ekstrak biji semangka, biji trembesi dan koagulan komersil aluminium sulfat sebagai pembanding. Tahapan pengolahan selanjutnya yaitu pengolahan filtrasi menggunakan arang sekam padi, pasir silika, dan batu kerikil. Hasil pengolahan kemudian dilanjutkan dengan pengukuran hasil uji nilai kekeruhan dan TSS. Hasil pengolahan terbaik pada kombinasi koagulasi – flokulasi ini parameter kekeruhan dengan persen removal sebesar 77% biji semangka, 70% biji trembesi, dan 93% aluminium sulfat. Untuk hasil uji terbaik parameter TSS dengan persen removal sebesar 80% biji semangka, 69% biji trembesi, dan 98% aluminium sulfat. Persen penyisihan terbesar pada pengolahan limbah cair laundry menggunakan metode kombinasi koagulasi – flokulasi dan filtrasi dengan dosis 75 ml/L dan kecepatan pengadukan 150 rpm.

Kata Kunci: *koagulasi – flokulasi, filtrasi, biji semangka, biji trembesi, arang sekam padi,*

1. Pendahuluan

Kemajuan zaman yang pesat dapat mempengaruhi peningkatan jumlah penduduk. Kota dengan pertumbuhan penduduk yang signifikan salah satunya adalah Surabaya, yang termasuk dalam kota metropolitan terbesar di Indonesia [1]. Besarnya jumlah penduduk di Surabaya, bagi sebagian orang dimanfaatkan untuk membuka usaha laundry. Meskipun bisnis laundry berdampak negatif terhadap lingkungan, usaha ini tetap menjadi pilihan yang populer di Indonesia [2]. Hasil limbah dari bisnis laundry mengandung beberapa bahan kimia seperti surfaktan, fosfat, nitrogen, amonia, serta partikel tersuspensi, partikel terlarut, kekeruhan, BOD5, dan COD [3].

Salah satu dampak negatif dari pembuangan detergen ke sungai tanpa melalui pengolahan adalah terjadinya peningkatan pertumbuhan alga atau tanaman air lainnya secara berlebihan, yang dikenal sebagai *eutrofikasi* [4]. Proses koagulasi dan flokulasi telah digunakan dalam beberapa penelitian untuk menurunkan kadar TSS dan kekeruhan dalam limbah laundry [5]. Koagulasi merupakan proses pencampuran air limbah dengan koagulan melalui pengadukan cepat untuk mendestabilisasi koloid dan

partikel halus tersuspensi, sehingga membentuk mikroflok. Sementara itu, flokulasi adalah proses pengadukan lambat terhadap larutan yang telah mengalami koagulasi, sehingga menghasilkan flok yang cepat mengendap [6].

Beberapa faktor yang mempengaruhi efektivitas proses koagulasi-flokulasi antara lain pH, jenis koagulan yang digunakan, dosis koagulan, serta kecepatan pengadukan [7]. Proses ini memerlukan koagulan, namun penggunaan koagulan sintetis dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan dan dinilai tidak ekonomis. Oleh karena itu, koagulan alami dari bahan-bahan yang bersumber dari alam menjadi alternatif yang lebih baik [8]. Pada proses ini penulis memanfaatkan koagulan alami yang berasal dari biji trembesi dan biji semangka. Biji semangka dan biji trembesi mengandung polimer alami yang dapat digunakan sebagai koagulan alami. Serbuk biji semangka memiliki komposisi kandungan protein 17,75%; Lemak 26,83%; Abu 3%; Serat 0,63%; dan Karbohidrat 40,75% [9]. Adapun komposisi yang dimiliki oleh biji trembesi yaitu protein 34,95%; Lemak 10,03%; Abu 3,72%; Karbohidrat 44,90%; dan air 6,43% [10].

Setelah melalui proses koagulasi – flokulasi, flok yang telah dihasilkan dapat diendapkan dengan proses sedimentasi. Dengan begitu flok – flok yang telah terbentuk dapat mengendap dengan sempurna. Akan tetapi, tidak menutup kemungkinan masih adanya sisa flok yang dapat lolos dan terbawa ke tahap pengolahan berikutnya. Oleh karena itu, untuk memaksimalkan proses tersebut penulis menambahkan kombinasi dengan proses filtrasi. Proses filtrasi yang digunakan penulis menggunakan media filter alami yang memanfaatkan media arang sekam padi sebagai arang aktif. Arang sekam padi memiliki kandungan yang terdiri dari 9,02% kadar air; 3,03% protein kasar; 1,18% lemak; 35,68% serat kasar; 17,17% abu; 33,71% karbohidrat; 1,33% karbon; 33,64% oksigen; dan 16,98% silika [11]. Setelah melalui arang sekam padi dilanjutkan dengan media filter selanjutnya yaitu pasir silika. Pasir silika mempunyai manfaat yaitu dapat menguraikan bahan organik yang ada di dalam air limbah serta menahan partikel suspensi [12]. Setelah pasir silika ada batu kerikil yang digunakan sebagai penyangga.

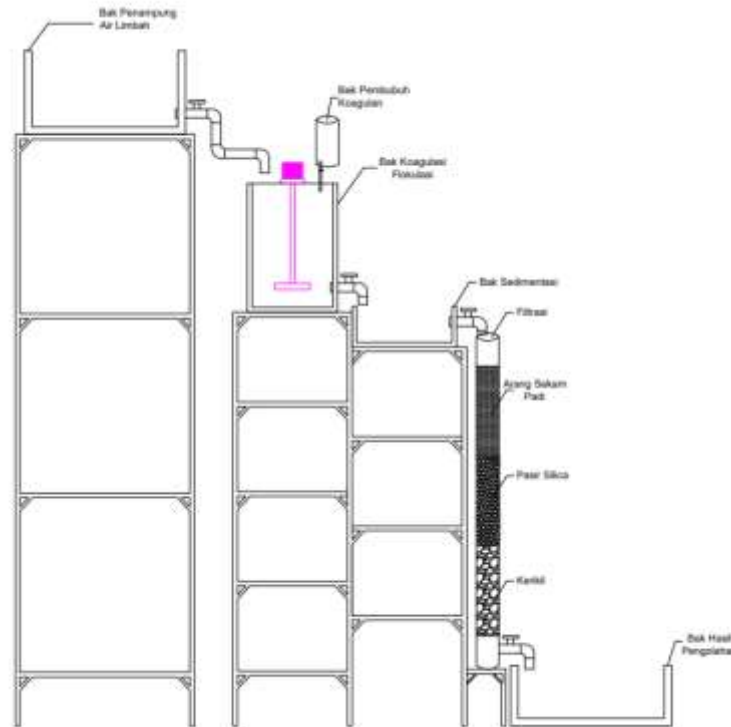
2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan air limbah laundry dari salah satu usaha di Surabaya dengan menggunakan kombinasi koagulasi – flokulasi menggunakan biokoagulan biji semangka dan biji trembesi dengan filtrasi menggunakan arang sekam padi. Sebelum melakukan penelitian dilakukan uji awal terlebih dahulu agar bisa melakukan perhitungan persen penyisihan parameter yang dipilih. Parameter air limbah laundry yang akan disisihkan adalah *Total Suspended Solid* (TSS) dan Kekeruhan.

Metode kombinasi koagulasi – flokulasi ini menggunakan bahan – bahan alami yang diambil dari alam. Koagulasi – flokulasi menggunakan biokoagulan diambil dari biji semangka dan biji trembesi sedangkan arang aktif filtrasi memanfaatkan arang sekam padi. Biokoagulan dan arang aktif filtrasi mempunyai cara yang berbeda dalam perawatannya. Akan tetapi perawatan awalnya tetap sama seperti dikeringkan terlebih dahulu agar menghilangkan kadar air dari setiap bahan.

Pembuatan biokoagulan yaitu diawali dengan dibersihkannya biji semangka dan biji trembesi lalu dikeringkan dibawah sinar matahari selama 1 hari (tergantung cuaca). Selanjutnya dikeringkan pada oven suhu 105°C selama 60 menit. Jika sudah kering biji dihancurkan dengan blender atau benda sejenisnya dan diayak dengan ukuran 100 mesh (ukuran partikel 149 μm). Setelah diayak dilakukan pembuatan biokoagulan dengan cara ekstraksi dengan menambahkan pelarut yaitu NaCl ke dalam serbuk biji semangka dan biji trembesi. Serbuk koagulan dibuat suspensi 1% b/v dengan menambahkan sebanyak 1 gram serbuk dalam 100 mL larutan 1 M NaCl. Kemudian larutan di ekstraksi selama 15 menit dan setelah itu dilakukan penyaringan dengan kertas saring. Hasil penyaringan tersebut atau yang biasa disebut filtrat merupakan bahan yang digunakan sebagai koagulan.

Filtrasi menggunakan bahan alami berupa arang sekam padi dilakukan dengan beberapa tahap. Pertama, sekam padi dicuci hingga bersih menggunakan air dan dijemur di bawah sinar matahari hingga kering. Setelah kering, sekam padi dikumpulkan dan dibakar. Setelah proses pembakaran selesai, biarkan sekam dingin, kemudian arang dipisahkan dari abunya melalui penyaringan. Selanjutnya, arang sekam direndam dalam larutan NaCl 20% selama satu hari. Setelah perendaman, arang disaring dan dicuci hingga bersih, yang ditandai dengan larutan pencuci yang bersifat netral [13]. Terakhir, arang dikeringkan dalam oven selama satu jam pada suhu 105°C.



Gambar 1. Skema Reaktor Kombinasi Koagulasi – Flokulasi dan Filtrasi
Sumber : Peneliti, 2024

Reaktor dijalankan dengan adanya aliran limbah yang kemudian melakukan sample setelah melalui proses koagulasi – flokulasi dan proses filtrasi terhadap masing – masing koagulan (biji semangka, biji trembesi, dan aluminium sulfat) dan kecepatan pengadukan (100 rpm dan 150 rpm). Setelah itu dilakukan analisis kadar TSS di laboratorium secara gravimetri dan Kekeruhan dengan turbidity meter. Selanjutnya setelah mengetahui nilai dari parameter TSS dan Kekeruhan maka dilakukan analisis persen removal TSS dan Kekeruhan untuk mengetahui efektifitas dari kombinasi koagulasi – flokulasi dan filtrasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Awal Air Limbah

Air limbah laundry memiliki karakteristik awal dengan nilai pH 6,8, kekeruhan sebesar 350 NTU, dan total suspended solid (TSS) sebesar 236 mg/L. Berdasarkan parameter pH, air limbah tersebut telah memenuhi baku mutu yang berada di rentang 6–9, namun untuk TSS, nilai ini masih melebihi batas baku mutu air limbah yang diizinkan, yaitu 100 mg/L. Standar baku mutu ini mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Oleh karena itu, pengolahan air limbah menggunakan kombinasi proses koagulasi-flokulasi diharapkan dapat menurunkan kadar TSS agar sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan.

Tabel 1. Hasil Uji Awal Air Limbah Cair Laundry

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu
1	pH	-	6,8	6 – 9
2	TSS	mg/L	236	100
3	Kekeruhan	NTU	350	-

Sumber : Hasil Penelitian, 2024.

3.2 Pengaruh Proses Koagulasi – Flokulasi Terhadap Penyisihan TSS dan Kekeruhan

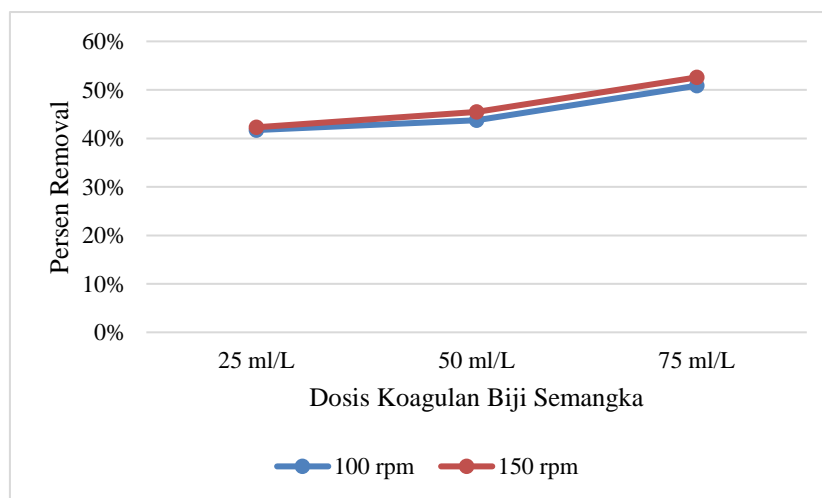
3.2.1 Biji Semangka

Pada penelitian pertama menggunakan biokoagulan biji semangka. Kemampuan biokoagulan biji semangka untuk menyisihkan parameter TSS dan Kekeruhan pada limbah cair laundry dengan membandingkan persen penurunan terhadap dosis koagulan berada pada 25 ml/L, 50 ml/L, dan 75 ml/L dan kecepatan pengadukan berada pada 100 rpm dan 150 rpm.

Tabel 2. Hasil Uji Pada Koagulan Biji Semangka

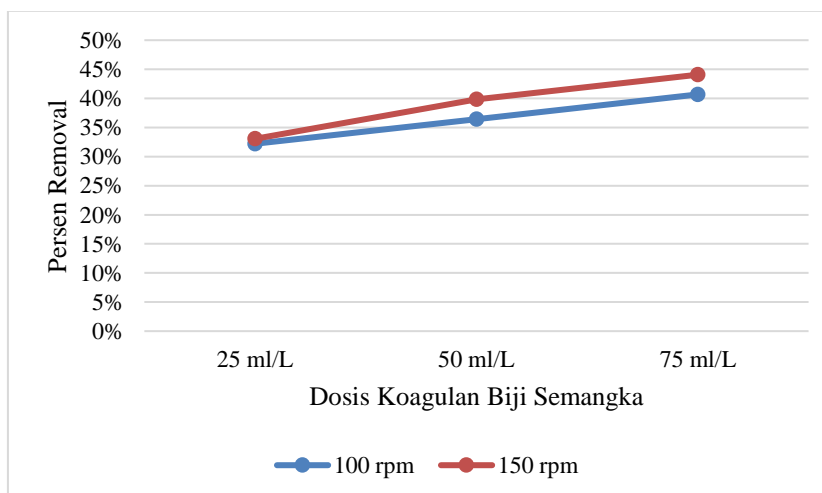
Dosis	Pengadukan Cepat	pH	Uji Awal Kekeruhan	Kekeruhan (mg/L)	Persen Removal	Uji Awal TSS	TSS	Persen Removal
25 ml/L	100 rpm	6,8	350 NTU	204	42%	236 mg/L	160	32%
	150 rpm	6,8		202	42%		158	33%
50 ml/L	100 rpm	6,9		197	44%		150	36%
	150 rpm	6,9		191	45%		142	40%
75 ml/L	100 rpm	6,9		172	51%		140	41%
	150 rpm	6,9		166	53%		132	44%

Dalam penelitian ini terlihat pada **Tabel 2.** adanya peningkatan pada tiap dosis koagulan di jenis kecepatan pada proses koagulasi dengan kecepatan 100 rpm dan 150 rpm. Kenaikan tersebut menunjukkan bahwa pada titik terbanyak dosis koagulan yaitu 75 ml/L masih mampu meremoval TSS dan Kekeruhan yang baik sehingga biokoagulan biji semangka mampu untuk membantu pembentukan flok – flok yang ada pada limbah cair laundry dengan sempurna.



Gambar 2. Pengaruh Koagulan Biji Semangka Terhadap Penyisihan Kekeruhan

Dari **Gambar 2.** menunjukkan bahwa pengaruh dosis koagulan biji semangka terhadap penurunan parameter Kekeruhan tertinggi sebesar 53% berada di dosis 75 ml/L dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Meskipun begitu dosis 75 ml/L dengan kecepatan 100 rpm juga tidak beda jauh dengan 150 rpm karena memiliki persen removal 51% yang hanya berselisih 2%. Sedangkan persen removal terendah pada parameter kekeruhan berada pada dosis 25 ml/L baik pada kecepatan pengadukan 100 rpm dan 150 rpm dengan persen removal 42%.



Gambar 3. Pengaruh Koagulan Biji Semangka Terhadap Penyisihan TSS

Dari **Gambar 3** menunjukkan bahwa pengaruh dosis koagulan biji semangka terhadap penurunan parameter TSS tertinggi sebesar 44% berada di dosis 75 ml/L dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. %. Meskipun begitu dosis 75 ml/L dengan kecepatan 100rpm juga tidak beda jauh dengan 150rpm karena memiliki persen removal 41% yang hanya berselisih 3%. Sedangkan persen removal terendah pada parameter TSS berada pada dosis 25 ml/L pada kecepatan pengadukan 100 rpm dengan persen removal 32% dan 150 rpm dengan persen removal 33%.

Dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar dosis yang digunakan pada koagulan biji semangka maka akan semakin besar pula persen removal yang dihasilkan. Hal itu juga akan berkaitan dengan adanya faktor kecepatan pengadukan dan beberapa faktor lainnya yang berpengaruh juga. Pada parameter kekeruhan dan TSS memiliki kesamaan karena terdapat korelasi antara keduanya apabila TSS meningkat maka partikel padat tersuspensi dalam air juga akan meningkat yang menyebabkan angka kekeruhan semakin tinggi. Pada koagulan biji semangka ini penurunan parameter kekeruhan dan TSS belum ada yang memenuhi baku mutu yang telah ditentukan.

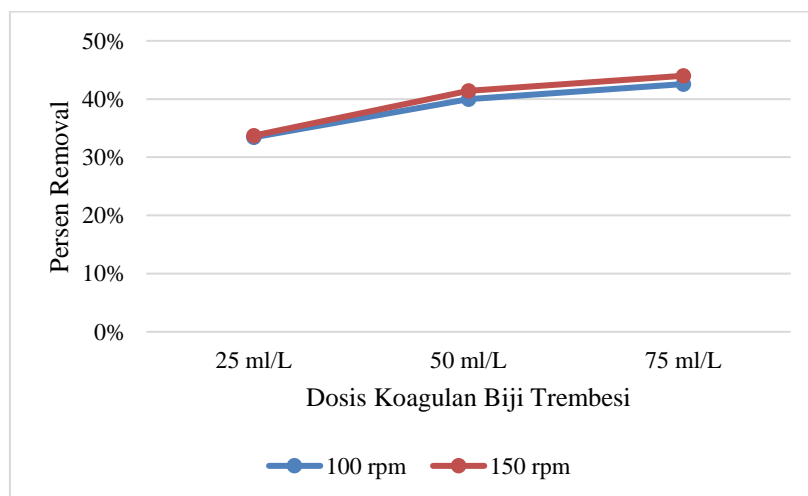
3.2.2 Biji Trembesi

Pada penelitian pertama menggunakan biokoagulan biji trembesi pada proses koagulasi – flokulasi sebelum dilanjutkan pada proses filtrasi. Kemampuan biokoagulan biji trembesi untuk menyisihkan parameter TSS dan Kekeruhan pada limbah cair laundry dengan membandingkan persen penurunan terhadap dosis koagulan berada pada 25 ml/L, 50 ml/L, dan 75 ml/L dan kecepatan pengadukan berada pada 100 rpm dan 150 rpm.

Tabel 3. Hasil Uji Pada Koagulan Trembesi

Dosis	Pengadukan Cepat	pH	Uji Awal Kekeruhan	Kekeruhan (mg/L)	Persen Removal	Uji Awal TSS	TSS	Persen Removal
25 ml/L	100 rpm	6,9	350 NTU	233	33%	236 mg/L	180	24%
	150 rpm	6,9		232	34%		176	25%
50 ml/L	100 rpm	6,9		210	40%		174	26%
	150 rpm	6,9		205	41%		168	29%
75 ml/L	100 rpm	6,9		201	43%		174	26%
	150 rpm	6,9		196	44%		166	30%

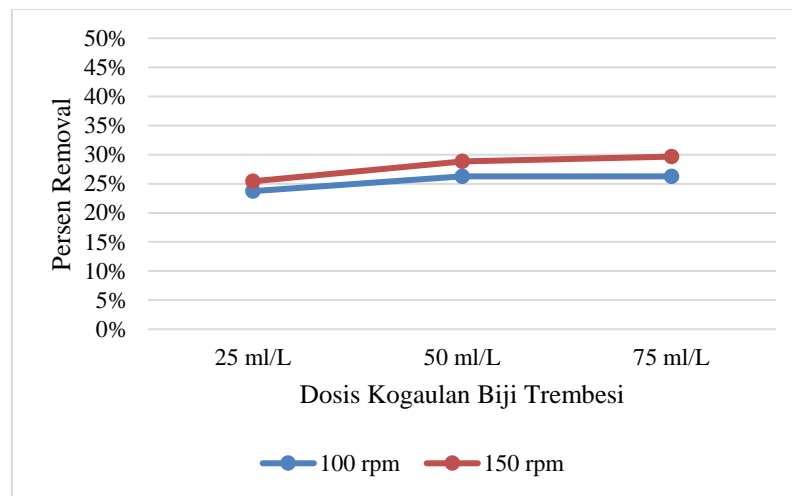
Dalam penelitian ini terlihat pada **Tabel 3** adanya peningkatan pada tiap dosis koagulan di jenis kecepatan pada proses koagulasi dengan kecepatan 100 rpm dan 150 rpm. Sama halnya seperti biji semangka kenaikan tersebut menunjukkan bahwa pada titik terbanyak dosis koagulan yaitu 75 ml/L masih mampu meremoval TSS dan Kekeruhan yang baik sehingga biokoagulan biji trembesi mampu untuk membantu pembentukan flok – flok yang ada pada limbah cair laundry dengan sempurna.



Gambar 4. Pengaruh Koagulan Biji Trembesi Terhadap Penyisihan Kekeruhan

Dari **Gambar 4** menunjukkan bahwa pengaruh dosis koagulan biji trembesi terhadap penyisihan parameter Kekeruhan tertinggi sebesar 41% berada di dosis 75 ml/L dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Meskipun begitu dosis 75 ml/L dengan kecepatan 100 rpm juga tidak beda jauh dengan 150 rpm

karena memiliki persen removal 39% yang hanya berselisih 2%. Sedangkan persen removal terendah pada parameter Kekeruhan berada pada dosis 25 ml/L di kecepatan pengadukan 100 rpm dengan persen removal 32% dan 150 rpm dengan persen removal 33%.



Gambar 5. Pengaruh Koagulan Biji Trembesi Terhadap Penyisihan TSS

Dari **Gambar 5** menunjukkan bahwa pengaruh dosis koagulan biji trembesi terhadap penurunan parameter TSS tertinggi sebesar 30% berada di dosis 75 ml/L dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Meskipun begitu dosis 75 ml/L dengan kecepatan 100 rpm juga tidak beda jauh dengan 150 rpm karena memiliki persen removal 26% yang hanya berselisih 4%. Sedangkan persen removal terendah pada parameter Kekeruhan berada pada dosis 25 ml/L pada kecepatan pengadukan 100 rpm dengan persen removal 32% dan 150 rpm dengan persen removal 33%.

Hasil analisis pengaruh dosis terhadap penurunan kekeruhan air menggunakan koagulan biji trembesi juga diteliti oleh Adira, Ashari, dan Rahmi [14] yang memanfaatkan biji trembesi sebagai biokoagulan untuk pengolahan limbah cair domestik. Dalam penelitian tersebut, ditemukan bahwa dosis paling efektif dari koagulan biji trembesi adalah 1 g/L, yang berhasil menurunkan kekeruhan awal dari 180 NTU menjadi 53 NTU. Biji trembesi mengandung berbagai senyawa kimia, termasuk tanin, yang mendukung proses koagulasi-flokulasi. Tanin memiliki peran biologis yang kompleks, seperti pengendapan protein dan pengikatan logam, serta dapat mengurangi kekeruhan dengan cara mengadsorpsi partikel dalam air limbah [15]. Namun, pada penggunaan koagulan biji trembesi ini, penurunan parameter kekeruhan dan TSS belum sepenuhnya mencapai baku mutu yang ditentukan..

3.2.3 Aluminium Sulfat

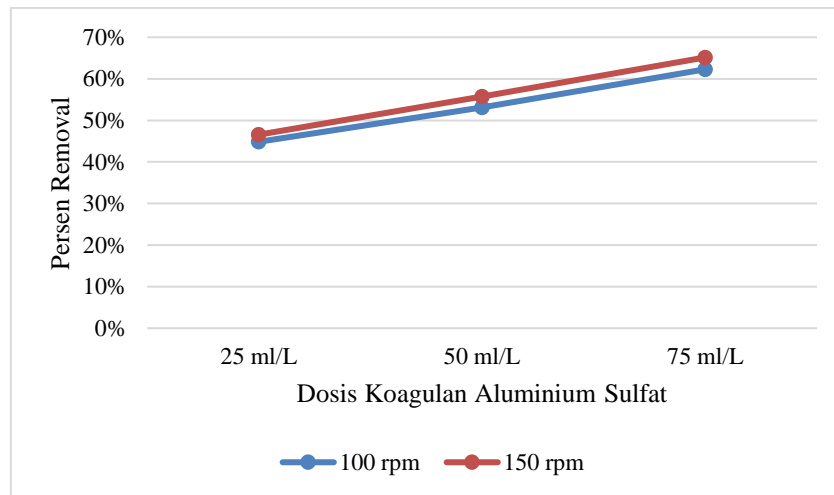
Pada penelitian pertama proses koagulasi flokulasi sebelum melalui proses filtrasi menggunakan koagulan komersil yaitu aluminium sulfat. Kemampuan koagulan aluminium sulfat untuk menyisihkan parameter TSS dan Kekeruhan pada limbah cair laundry dengan membandingkan persen penurunan terhadap dosis koagulan berada pada 25 ml/L, 50 ml/L, dan 75 ml/L dan kecepatan pengadukan berada pada 100 rpm dan 150 rpm.

Tabel 4. Hasil Uji Pada Aluminium Sulfat

Dosis	Pengadukan Cepat	Uji Awal Kekeruhan	Kekeruhan (mg/L)	Persen Removal	Uji Awal TSS	TSS	Persen Removal
25 ml/L	100 rpm	350 NTU	193	33%	236 mg/L	140	24%
	150 rpm		187	34%		132	25%
50 ml/L	100 rpm		164	40%		122	26%
	150 rpm		155	41%		116	29%
75 ml/L	100 rpm		132	43%		112	26%
	150 rpm		122	44%		108	30%

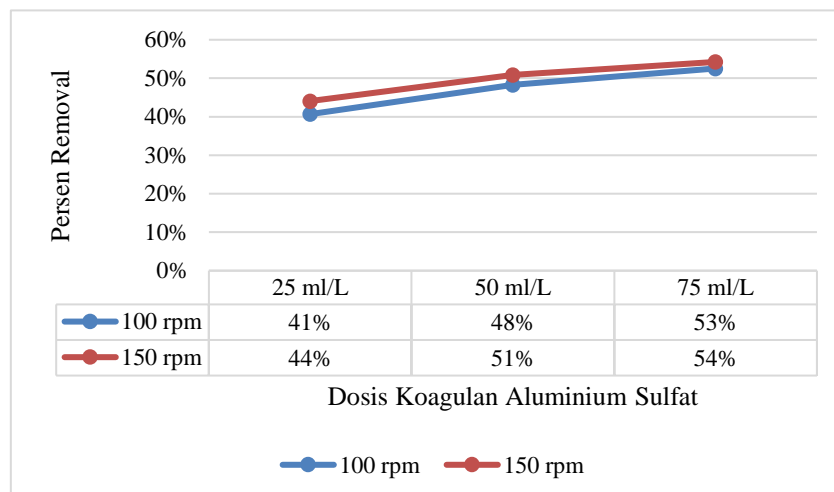
Pada penelitian yang sudah dilakukan ini, menggunakan koagulan komersil yaitu aluminium sulfat sebagai pembanding untuk koagulan alami biji semangka dan biji trembesi. Koagulan aluminium sulfat

umum digunakan karena mudah didapatkan dan dinilai efektif dalam menurunkan TSS dan kekeruhan. Peningkatan dosis aluminium sulfat berpengaruh dalam penurunan kadar TSS dan kekeruhan. Dalam penelitian ini terlihat pada **Tabel 4** adanya peningkatan pada tiap dosis koagulan di jenis kecepatan pada proses koagulasi dengan kecepatan 100 rpm dan 150 rpm. Sama seperti biji semangka dan biji trembesi kenaikan tersebut menunjukkan bahwa pada titik terbanyak dosis koagulan yaitu 75 ml/L masih mampu meremoval TSS dan Kekeruhan yang baik sehingga biokoagulan biji trembesi mampu untuk membantu pembentukan flok – flok yang ada pada limbah cair laundry dengan sempurna.



Gambar 6. Pengaruh Koagulan Aluminium Sulfat Terhadap Penurunan Kekeruhan

Dari **Gambar 6.** menunjukkan bahwa pengaruh dosis koagulan aluminium sulfat terhadap penurunan parameter Kekeruhan tertinggi sebesar 65% berada di dosis 75 ml/L dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Meskipun begitu dosis 75 ml/L dengan kecepatan 100 rpm juga tidak beda jauh dengan 150 rpm karena memiliki persen removal 62% yang hanya berselisih 3%.



Gambar 7. Pengaruh Koagulan Aluminium Sulfat Terhadap Penurunan TSS

Dari **Gambar 7** menunjukkan bahwa pengaruh dosis koagulan aluminium sulfat terhadap penurunan parameter TSS tertinggi sebesar 54% berada di dosis 75 ml/L dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Meskipun begitu dosis 75 ml/L dengan kecepatan 100 rpm juga tidak beda jauh dengan 150 rpm karena memiliki persen removal 53% yang hanya berselisih 1%.

Sama halnya dengan koagulan alami biji semangka dan biji trembesi, peningkatan jumlah dosis koagulan aluminium sulfat berpengaruh pada peningkatan % removal TSS dan kekeruhan. Semakin tinggi dosis koagulan yang digunakan maka % removal akan lebih besar. Pada koagulan *aluminium sulfat* ini penurunan nilai TSS dan kekeruhan masih belum memenuhi baku mutu yang telah ditentukan.

3.3 Pengaruh Kombinasi Koagulasi – Flokulasi dan Filtrasi Terhadap Penyisihan TSS dan Kekeruhan

Proses filtrasi dalam penelitian ini menggunakan filter multimedia, yang terdiri dari kerikil, pasir silika, dan arang sekam padi sebagai media filtrasi. Arang sekam memiliki sifat berpori, ringan, tidak kotor, dan mampu menyerap serta menahan air dengan baik. Karbon aktif digunakan dengan cara ditaburkan, dicampurkan dengan air, atau dipasang sebagai media filter. Karbon aktif ini sangat efektif untuk menghilangkan warna, bau, dan rasa yang tidak diinginkan dalam air, sehingga meningkatkan kualitas air hasil filtrasi [11].

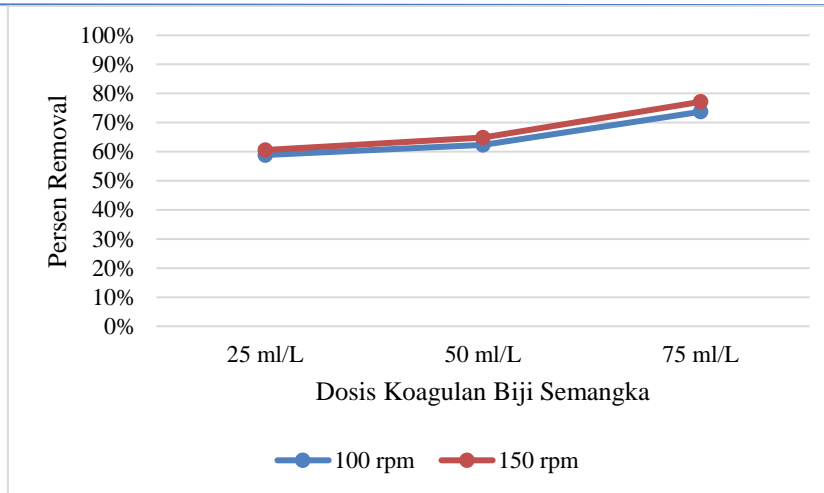
Air limbah laundry yang digunakan merupakan hasil dari proses koagulasi-flokulasi sebelumnya menggunakan berbagai jenis koagulan. Proses filtrasi dilakukan melalui satu kali penyaringan, kemudian dilanjutkan dengan analisis parameter pH, kekeruhan, dan TSS. Hasil dari analisis kadar parameter Kekeruhan dan TSS dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil Uji Setelah Proses Kombinasi Koagulasi – Flokulasi dan Filtrasi

Jenis Koagulan	Dosis	Pengadukan Cepat	Uji Awal Kekeruhan	Kekeruhan (mg/L)	Persen Removal	Uji Awal TSS	TSS	Persen Removal
Biji Semangka	25 ml/L	100 rpm	350 NTU	144	59%	236 mg/L	84	64%
		150 rpm		138	61%		82	65%
	50 ml/L	100 rpm		132	62%		74	69%
		150 rpm		123	65%		66	72%
	75 ml/L	100 rpm		92	74%		56	76%
		150 rpm		80	77%		48	80%
Biji Trembesi	25 ml/L	100 rpm	350 NTU	147	58%	236 mg/L	100	58%
		150 rpm		141	60%		104	56%
	50 ml/L	100 rpm		121	65%		88	63%
		150 rpm		119	66%		92	61%
	75 ml/L	100 rpm		106	70%		72	69%
		150 rpm		113	68%		82	65%
Aluminium Sulfat	25 ml/L	100 rpm	350 NTU	108	69%	236 mg/L	44	81%
		150 rpm		94	73%		40	83%
	50 ml/L	100 rpm		68	81%		14	94%
		150 rpm		56	84%		10	96%
	75 ml/L	100 rpm		36	90%		6	97%
		150 rpm		23	93%		4	98%

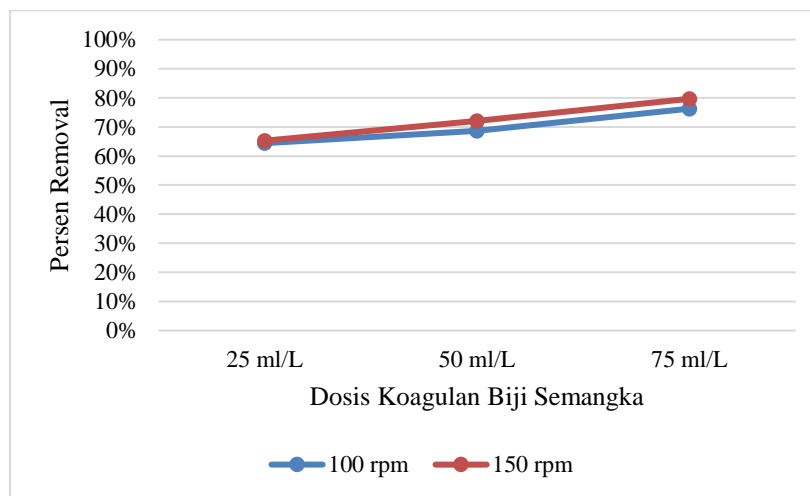
3.3.1 Biji Semangka

Pada kombinasi proses koagulasi – flokulasi dengan koagulan biji semangka dan filtrasi menggunakan arang sekam padi. Hasil uji persen penyisihan TSS dan Kekeruhan dengan melanjutkan dari proses koagulasi – flokulasi dapat dilihat pada **Tabel 6** serta grafik persen removal parameter Kekeruhan ada pada **Gambar 9** dan persen removal parameter TSS ada pada **Gambar 10**.



Gambar 9. Pengaruh Filtrasi Terhadap Penyisihan Parameter Kekeruhan

Dari **Gambar 9** menunjukkan data persen removal yang didapat dari parameter kekeruhan menggunakan kombinasi koagulasi – flokulasi menggunakan biokoagulan biji semangka dan Filtrasi menggunakan arang sekam padi. Kombinasi dengan filtrasi yang memiliki persen removal parameter kekeruhan tertinggi sebesar 77% berada pada dosis 75 ml/L dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Meskipun begitu Kombinasi dengan filtrasi dengan dosis 75 ml/L dengan kecepatan 100 rpm juga tidak beda jauh dengan 150 rpm karena memiliki persen removal 74% yang hanya berselisih 3%. Sedangkan Kombinasi dengan filtrasi yang memiliki persen removal terendah pada parameter kekeruhan berada pada dosis 25 ml/L pada kecepatan pengadukan 100 rpm dengan persen removal 59%.



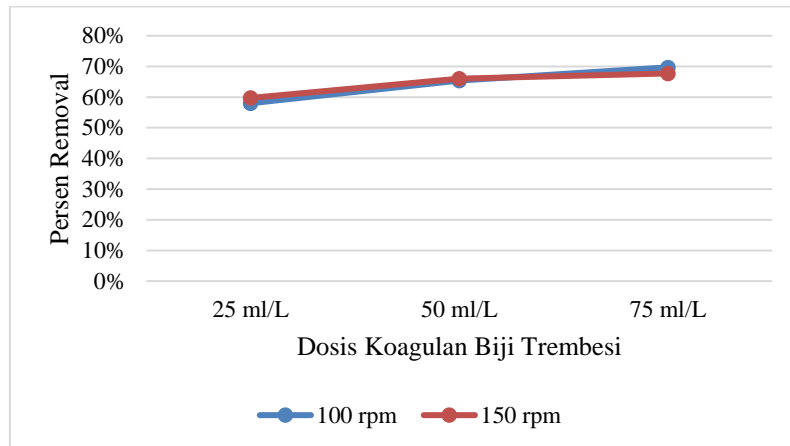
Gambar 10. Pengaruh Filtrasi Terhadap Penyisihan Parameter TSS

Dari **Gambar 10** menunjukkan data persen removal yang didapat dari parameter TSS menggunakan kombinasi koagulasi – flokulasi menggunakan biokoagulan biji semangka dan Filtrasi menggunakan arang sekam padi. Kombinasi dengan filtrasi yang memiliki persen removal parameter kekeruhan tertinggi sebesar 80% berada pada dosis 75 ml/L dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Meskipun begitu Kombinasi dengan filtrasi dengan dosis 75 ml/L dengan kecepatan 100 rpm juga tidak beda jauh dengan 150 rpm karena memiliki persen removal 76% yang hanya berselisih 4%. Sedangkan Kombinasi dengan filtrasi yang memiliki persen removal terendah pada parameter kekeruhan berada pada dosis 25 ml/L pada kecepatan pengadukan 100 rpm dengan persen removal 64%.

Hasil analisis kombinasi proses koagulasi – flokulasi dengan koagulan biji semangka dan filtrasi menggunakan arang sekam padi memiliki parameter TSS dan Kekeruhan terendah pada dosis 75 ml/L dengan kecepatan pengadukan 150 rpm yang mempunyai nilai TSS sebesar 48 dan Kekeruhan sebesar 80. Berdasarkan hasil kombinasi proses koagulasi – flokulasi dengan koagulan dari biji semangka dan filtrasi menggunakan arang sekam padi tersebut parameter TSS telah sesuai dengan baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur no 72 Tahun 2013.

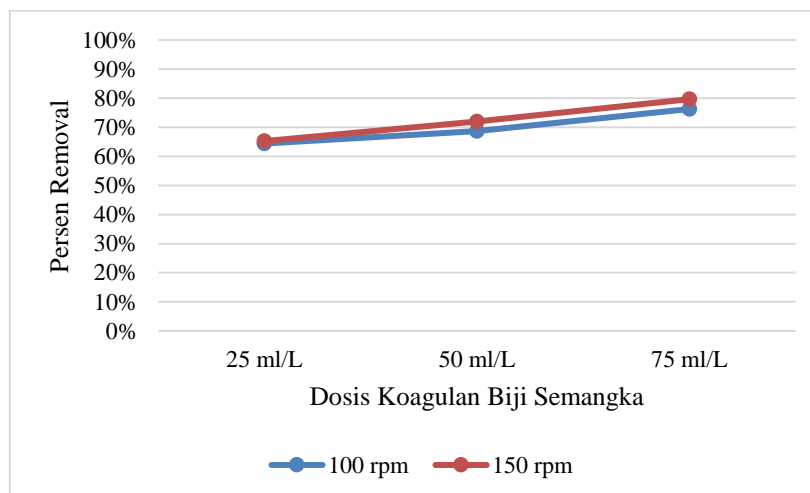
3.3.2 Biji Trembesi

Pada kombinasi proses koagulasi – flokulasi dengan koagulan biji trembesi dan filtrasi menggunakan arang sekam padi. Hasil uji persen penyisihan TSS dan Kekeruhan dengan melanjutkan dari proses koagulasi – flokulasi dapat dilihat pada **Tabel 6** serta grafik persen removal parameter Kekeruhan ada pada **Gambar 11** dan persen removal parameter TSS ada pada **Gambar 12**.



Gambar 11. Pengaruh Filtrasi Terhadap Penurunan Parameter Kekeruhan

Dari **Gambar 11** menunjukkan data persen removal yang didapat dari parameter kekeruhan menggunakan kombinasi koagulasi – flokulasi menggunakan biokoagulan biji trembesi dan Filtrasi menggunakan arang sekam padi. Kombinasi dengan filtrasi yang memiliki persen removal parameter kekeruhan tertinggi sebesar 70% berada pada dosis 75 ml/L dengan kecepatan pengadukan 100 rpm. Meskipun begitu Kombinasi dengan filtrasi dengan dosis 75 ml/L dengan kecepatan 150 rpm juga tidak beda jauh dengan 100 rpm karena memiliki persen removal 68% yang hanya berselisih 2%. Sedangkan Kombinasi dengan filtrasi yang memiliki persen removal terendah pada parameter kekeruhan berada pada dosis 25 ml/L pada kecepatan pengadukan 100 rpm dengan persen removal 58%.



Gambar 12. Pengaruh Filtrasi Terhadap Penurunan Parameter TSS

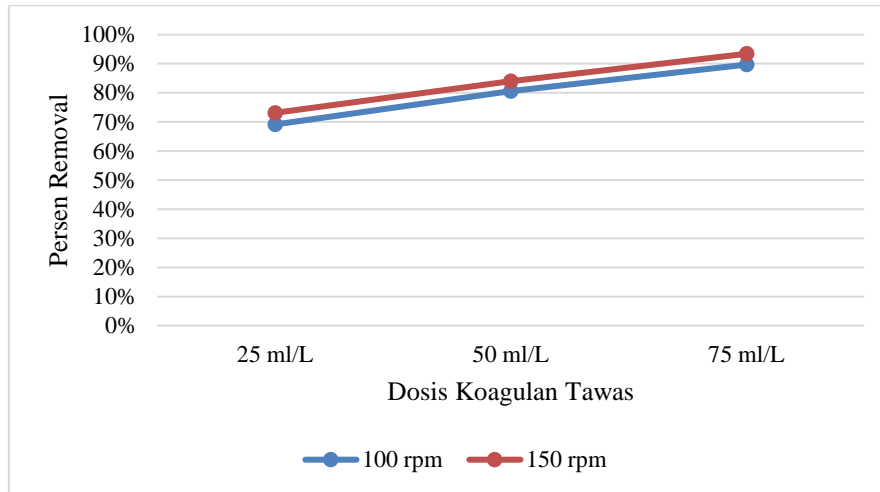
Dari **Gambar 12** menunjukkan data persen removal yang didapat dari parameter TSS menggunakan kombinasi koagulasi – flokulasi menggunakan biokoagulan biji trembesi dan Filtrasi menggunakan arang sekam padi. Kombinasi dengan filtrasi yang memiliki persen removal parameter kekeruhan tertinggi sebesar 69% berada pada dosis 75 ml/L dengan kecepatan pengadukan 100 rpm. Sedangkan pada Kombinasi dengan filtrasi dengan dosis 75 ml/L dengan kecepatan 150 rpm juga memiliki persen removal 65%. Kombinasi dengan filtrasi yang memiliki persen removal terendah parameter kekeruhan berada pada dosis 25 ml/L pada kecepatan pengadukan 150 rpm dengan persen removal 56%.

Hasil analisis kombinasi proses koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan biji trembesi dan filtrasi dengan arang sekam padi menunjukkan bahwa nilai TSS dan kekeruhan terendah dicapai pada dosis 75 ml/L dengan kecepatan pengadukan 100 rpm, di mana nilai TSS adalah 72 mg/L dan kekeruhan sebesar

106 NTU. Berdasarkan hasil tersebut, parameter TSS yang memenuhi baku mutu sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tercapai pada dosis 50 ml/L dan 75 ml/L dengan kecepatan pengadukan 100 rpm dan 150 rpm.

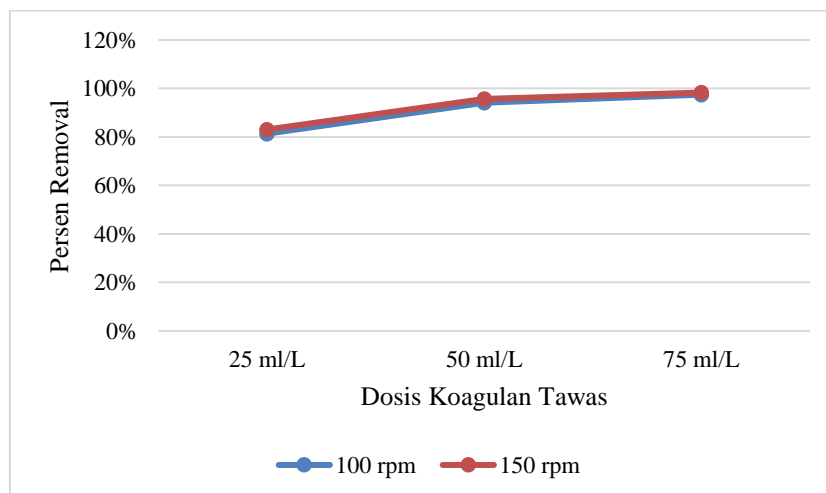
3.3.3 Aluminium Sulfat

Pada kombinasi proses koagulasi – flokulasi dengan koagulan aluminium sulfat dan filtrasi menggunakan arang sekam padi. Hasil uji persen penyisihan TSS dan Kekeruhan dengan melanjutkan dari proses koagulasi – flokulasi dapat dilihat pada **Tabel 6** serta grafik persen removal parameter Kekeruhan ada pada **Gambar 13** dan persen removal parameter TSS ada pada **Gambar 14**.



Gambar 13. Pengaruh Filtrasi Terhadap Penyisihan Parameter Kekeruhan

Dari **Gambar 13** menunjukkan data persen removal yang didapat dari parameter kekeruhan menggunakan kombinasi koagulasi – flokulasi menggunakan koagulan Aluminium Sulfat dan Filtrasi menggunakan arang sekam padi. Kombinasi dengan filtrasi yang memiliki persen removal parameter kekeruhan tertinggi sebesar 93% berada pada dosis 75 ml/L dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Meskipun begitu Kombinasi dengan filtrasi dengan dosis 75 ml/L dengan kecepatan 100 rpm juga tidak beda jauh dengan 150 rpm karena memiliki persen removal 90% yang hanya berselisih 3%. Sedangkan Kombinasi dengan filtrasi yang memiliki persen removal terendah pada parameter kekeruhan berada pada dosis 25 ml/L pada kecepatan pengadukan 100 rpm dengan persen removal 69%.



Gambar 14. Pengaruh Filtrasi Terhadap Penyisihan Parameter TSS

Dari **Gambar 14** menunjukkan data persen removal yang didapat dari parameter TSS menggunakan kombinasi Koagulasi – Flokulasi menggunakan koagulan aluminium sulfat dan Filtrasi menggunakan arang sekam padi. Kombinasi dengan filtrasi yang memiliki persen removal parameter kekeruhan tertinggi sebesar 69% berada pada dosis 75 ml/L dengan kecepatan pengadukan 100 rpm. Sedangkan pada Kombinasi dengan filtrasi dengan dosis 75 ml/L dengan kecepatan 150 rpm juga memiliki persen removal

65%. Kombinasi dengan filtrasi yang memiliki persen removal terendah parameter kekeruhan berada pada dosis 25 ml/L pada kecepatan pengadukan 150 rpm dengan persen removal 56%.

Hasil analisis kombinasi proses koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan aluminium sulfat dan filtrasi dengan arang sekam padi menunjukkan bahwa nilai TSS dan kekeruhan terendah dicapai pada dosis 75 ml/L dengan kecepatan pengadukan 100 rpm, di mana nilai TSS adalah 4 mg/L dan kekeruhan sebesar 23 NTU. Berdasarkan hasil tersebut, parameter TSS telah memenuhi baku mutu sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013, yang menetapkan batas maksimal TSS untuk air limbah industri.

3.4 Perbandingan Sebelum dan Sesudah Filtrasi

Pada penelitian ini dihasilkan setiap jenis koagulan dengan kombinasi filtrasi terbaik dengan cara menganalisis persen removal dari parameter Total Suspended Solid (TSS) dan Kekeruhan pada limbah cair laundry dengan variasi dosis sebesar 25 ml/L, 50 ml/L dan 75 ml/L serta variasi kecepatan pengadukan di 100 rpm dan 150 rpm.

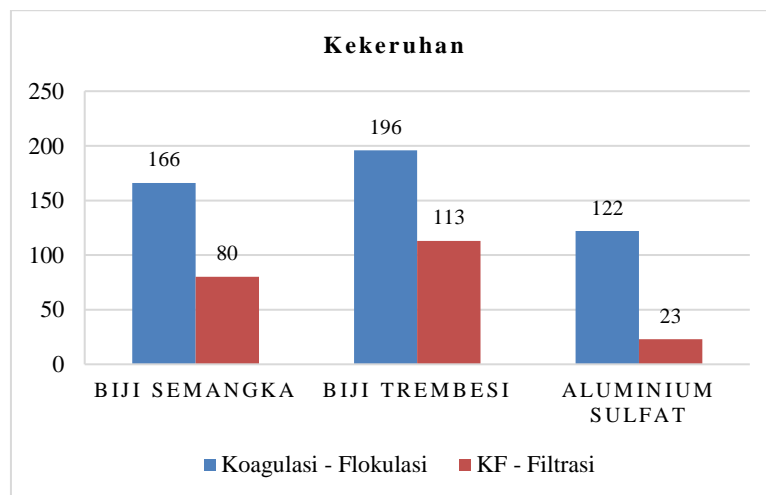
3.4.1 Kekeruhan

Hasil perbandingan penurunan parameter kekeruhan dari setiap jenis koagulan dengan kombinasi filtrasi terbaik bisa dibandingkan satu dengan yang lainnya. Sehingga dapat menganalisis jenis, kecepatan pengadukan, dan dosis koagulan dengan kombinasi filtrasi terbaik. Perbandingan tersebut dilihat pada **Tabel 7** berikut.

Tabel 7. Perbandingan Penurunan Parameter Kekeruhan Sebelum dan Sesudah Filtrasi

Jenis Koagulan	Koagulasi - Flokulasi	KF - Filtrasi
Biji Semangka	166	80
Biji Trembesi	196	113
Aluminium Sulfat	122	23

Pada **Tabel 7** merupakan data perbandingan sebelum melalui proses filtrasi dan sesudah melalui proses filtrasi yang mempunyai persen penyisihan parameter Kekeruhan dari setiap jenis koagulan dengan kecepatan pengadukan dan dosis terbaik. Data pada tabel tersebut dapat disajikan dengan grafik seperti pada **Gambar 15** berikut.



Gambar 15. Grafik Perbandingan Sebelum dan Sesudah di Filtrasi Pada Parameter

Berdasarkan **Gambar 15** sebelum limbah laundry diolah menggunakan filtrasi memiliki kadar kekeruhan pada biokoagulan biji semangka sebesar 166 NTU dengan persen removal 53%, biokoagulan biji trembesi 196 NTU dengan persen removal 44%, dan koagulan komersil aluminium sulfat 122 NTU dengan persen removal 65%. Setelah melalui proses filtrasi nilai parameter kekeruhan pada limbah cair laundry mengalami penurunan. Berdasarkan penelitian nilai parameter kekeruhan setelah dilakukan proses filtrasi menurun yang memiliki nilai biokoagulan biji semangka 80 NTU dengan persen removal 77 %, biokoagulan biji trembesi 113 NTU dengan persen removal 68%, dan koagulan komersil aluminium sulfat 23 NTU dengan persen removal 93%.

Penurunan kekeruhan terjadi melalui proses filtrasi, di mana media filter arang sekam padi menyaring zat tersuspensi, partikel-partikel, lumpur, dan material lainnya yang ukurannya lebih besar dari pori-pori arang sekam. Sementara itu, partikel-partikel yang lebih kecil dari ukuran pori saringan akan lolos melalui proses ini [16]. Di samping itu, media pasir kuarsa juga terbukti efektif dalam menghilangkan kekeruhan dan bau dengan memisahkan zat padat tersuspensi dalam air [17].

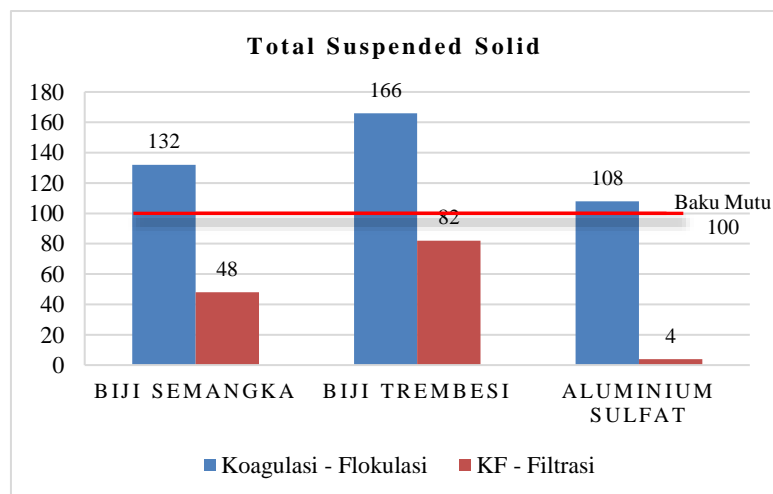
3.4.2 TSS

Hasil perbandingan penurunan parameter TSS dari setiap jenis koagulan dengan kombinasi filtrasi terbaik bisa dibandingkan satu dengan yang lainnya. Sehingga dapat menentukan jenis, kecepatan pengadukan, dan dosis koagulan dengan kombinasi filtrasi terbaik. Perbandingan tersebut dilihat pada **Tabel 8** berikut.

Tabel 8. Perbandingan Penurunan Parameter TSS Sebelum dan Sesudah Filtrasi

Jenis Koagulan	Koagulasi - Flokulasi	KF - Filtrasi	Baku Mutu (mg/L)
Biji Semangka	132	48	100
Biji Trembesi	166	82	100
Aluminium Sulfat	108	4	100

Pada **Tabel 8** merupakan data perbandingan sebelum melalui proses filtrasi dan sesudah melalui proses filtrasi yang mempunyai persen penyisihan parameter Kekeruhan dari setiap jenis koagulan dengan kecepatan pengadukan dan dosis terbaik. Data pada tabel tersebut dapat disajikan dengan grafik seperti pada **Gambar 16** berikut.



Gambar 16. Grafik Perbandingan Sebelum dan Sesudah di Filtrasi Pada Parameter TSS

Berdasarkan **Gambar 16** sebelum limbah laundry diolah menggunakan filtrasi memiliki kadar kekeruhan pada biokoagulan biji semangka sebesar 132 mg/L dengan persen removal 44%, biokoagulan biji trembesi 166 mg/L dengan persen removal 30%, dan koagulan komersil aluminium sulfat 108 mg/L dengan persen removal 54%. Setelah melalui proses filtrasi nilai parameter kekeruhan pada limbah cair laundry mengalami penurunan. Berdasarkan penelitian nilai parameter kekeruhan setelah dilakukan proses filtrasi menurun yang memiliki nilai biokoagulan biji semangka 48 mg/L dengan persen removal 80 %, biokoagulan biji trembesi 82 mg/L dengan persen removal 69%, dan koagulan komersil aluminium sulfat 4 mg/L dengan persen removal 98%.

Beberapa media filter, seperti arang sekam padi dan pasir silika, terbukti efektif dalam menurunkan kadar TSS, terutama karena kemampuannya dalam mengurangi kekeruhan yang berkontribusi pada penurunan kadar TSS tersebut. Guna menahan padatan tersuspensi dalam air limbah, sekam padi dimanfaatkan sebagai media filter. Selain itu, sifat koagulasi dari sekam padi karena adanya silika dapat membantu menghilangkan partikel tersuspensi dan bahan organik dari air limbah domestik [18]. Penurunan kadar TSS setelah proses filtrasi telah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013, dengan ambang batas TSS sebesar 100 mg/L.

4. Kesimpulan

Pengaruh metode kombinasi koagulasi – flokulasi dan filtrasi menggunakan arang sekam padi dapat membantu persen removal menjadi lebih tinggi. Parameter kekeruhan pada biokoagulan biji semangka persen removal 77% dengan nilai sebesar 80 NTU, biji trembesi persen removal 70% dengan nilai sebesar 106 NTU, dan koagulan aluminium sulfat persen removal 93% dengan nilai sebesar 23 NTU. Parameter TSS pada biokoagulan biji semangka persen removal 80% dengan nilai sebesar 48 mg/L, biji trembesi persen removal 69% dengan nilai sebesar 82 mg/L, dan koagulan aluminium sulfat persen removal 98% dengan nilai sebesar 4 mg/L. Arang sekam padi dan pasir silika yang mampu menjadi agen penurunan kadar kekeruhan yang nantinya memberi efek pada penurunan kadar TSS. Guna menahan padatan tersuspensi dalam air limbah, sekam padi dimanfaatkan sebagai media filter.

5. Referensi

- [1] A. U. Faradiba, K. F. C. Putri, and M. Ali, "Pengolahan Air Limbah Laundry Menggunakan Proses Bioreaktor Down-Flow Hanging Sponge," *Pros. ESEC*, vol. 2, pp. 110–116, 2021, [Online]. Available: <http://esec.upnvjt.com/index.php/prosiding/article/view/80%0Ahttp://esec.upnvjt.com/index.php/prosiding/article/download/80/90>
- [2] Y. Sapta Dewi, "Efektivitas Penggunaan Koagulan Tawas Dan Kapur Dalam Mereduksi Surfaktan Dan Fosfat Pada Limbah Laundry," *J. Techlink*, vol. 7, no. 01, pp. 1–11, 2023, doi: 10.59134/jtnk.v7i01.316.
- [3] T. R. Kurniati and M. Mujiburohman, "Pengaruh Beda Potensial dan Waktu Kontak Elektrokoagulasi Terhadap Penurunan Kadar COD dan TSS pada Limbah Cair Laundry," *11th Univ. Res. Colloq. 2020 Univ. 'Aisyiyah Yogyakarta*, pp. 309–313, 2020.
- [4] D. A. Kusuma, L. Fitria, and U. Kadaria, "Pengolahan Limbah Laundry Dengan Metode Moving Bed Biofilm Reactor (Mbr) (Laundry Wastewater Treatment Using Moving Bed Biofilm Reactor (Mbr) Method)," *J. Teknol. Lingkungan. Lahan Basah*, vol. 7, no. 1, p. 001, 2019, doi: 10.26418/jtlb.v7i1.31882.
- [5] B. G. Bhernama, N. Musfira, and A. M. Hamdan, "Efektivitas Biokoagulan Biji Pepaya (Carica papaya L.) terhadap Penurunan Kadar Pencemar pada Limbah," *Amina*, vol. 5, no. 1, pp. 16–25, 2023.
- [6] Z. Rahimah, H. Heldawati, and I. Syauqiah, "Pengolahan Limbah Deterjen Dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur Dan Pac," *Konversi*, vol. 5, no. 2, p. 13, 2018, doi: 10.20527/k.v5i2.4767.
- [7] E. Novita, M. B. Salim, and H. A. Pradana, "Penanganan Air Limbah Industri Kopi Dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Alami Biji Asam Jawa (Tamarindus Indica L.) Coffee Industry Wastewater Treatment with Coagulation-Flocculation Method Using a Natural Coagulant of Tamarind Seeds," *J. Teknol. Pertan.*, vol. 22, no. 1, pp. 13–24, 2021.
- [8] M. A. Rehansyah *et al.*, "(1) , 2) , 3) 1)," vol. 4, no. 2, pp. 1–9, 2017.
- [9] A. A. Anggorowati, "Serbuk Biji Buah Semangka dan Pepaya Sebagai Koagulan Alami Dalam Penjernihan Air," *Cakra Kim. (Indonesian E-Journal Appl. Chem.)*, vol. 9, no. 1, pp. 18–23, 2021.
- [10] P. Nilai *et al.*, "Universitas Gadjah Mada, 2015 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>," vol. 8, no. L, pp. 1–5, 2015.
- [11] Jasman, "Uji coba Arang Sekam Padi sebagai Media Filtrasi dalam menurunkan Kadar Fe pada Air Sumur Bor," *J. Kesehat. Lingkungan.*, vol. 1, no. 1, pp. 49–53, 2011, [Online]. Available: <https://ejurnal.poltekkes-manado.ac.id/index.php/jkl/article/view/291>
- [12] F. E. Bahctiar and M. Mirwan, "Efektifitas Pengolahan Kombinasi Elektrokoagulasi-Filtrasi Dalam Menyisihkan TSS dan COD pada Air Limbah Kawasan Industri," vol. IX, no. 2, 2024.
- [13] Widayanti, I. Isa, and L. O. Aman, "Studi Daya Aktivasi Arang Sekam Padi pada Proses Adsorpsi Logam Cd," *J. Sainstek*, vol. 6, no. 5, pp. 1–7, 2012.
- [14] R. Adira, T. M. Ashari, and R. Rahmi, "Pemanfaatan Biji Trembesi (Samanea saman) sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Limbah Cair Domestik," *2020*, vol. 2, no. 3, pp. 126–132, 2020.
- [15] L. Malangngi, M. Sangi, and J. Paendong, "Penentuan Kandungan Tanin dan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Biji Buah Alpukat (Persea americana Mill.)," *J. MIPA*, vol. 1, no. 1, p. 5, 2012, doi: 10.35799/jm.1.1.2012.423.
- [16] Susanti, Arnila, et al. "Efektivitas Media Pasir Silika dan Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sebagai Media Filtrasi dalam Menurunkan BOD dan COD pada Limbah Laundry." *Medic Nutricia: Jurnal Ilmu Kesehatan* 8.3 (2024): 1-10.

-
- [17] A. Artiyani and N. H. Firmansyah, “Kemampuan Filtrasi Upflow Pengolahan Filtrasi Up Flow dengan Media Pasir Zeolit dan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Fosfat dan Deterjen Air Limbah Domestik,” *J. Ind. Inov.*, vol. 6, no. 1, pp. 8–15, 2016.
- [18] F. Z. A. Bermuli, I. R. Mangangka, and A. K. T. Dundu, “Metode Filtrasi Dengan Media Sekam Padi , Arang , Batu Zeolit Dan Pasir,” *J. Tekno*, vol. Vol. 21, no. 86, 2023.