

Pemanfaatan Biokoagulan Gambas Kering sebagai Pengolahan Limbah Cair Batik

Farhan Athallah Ajiputra, Novirina Hendrasarie*, dan Raden Kokoh Haryo Putro

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

Email Korespondensi: novirina@upnjatim.ac.id

Kata Kunci:

zat warna, koagulan, gambas kering, dosis

ABSTRAK

Air limbah batik berasal dari proses pencelupan kain batik. Zat warna reaktif merupakan zat warna sintesis yang sering digunakan. Zat warna reaktif yang sering digunakan adalah *Methyl Orange* (MO) dan *Methyl Blue*. Hanya 5% dari zat warna yang digunakan dalam pencelupan batik, 95% sisanya akan dibuang. Kandungan zat warna yang digunakan menyebabkan limbah cair batik memiliki sifat basa, karsinogenik, sulit untuk diuraikan dan mengandung zat organik yang tinggi, sehingga diperlukan adanya pengolahan air limbah batik sebelum dibuang ke badan air. Koagulasi merupakan salah satu metode pengolahan limbah yang dapat digunakan. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui penurunan parameter pencemar berupa TSS dan warna oleh biokoagulan gambas kering. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan dosis koagulan dan pH koagulan dengan kecepatan pengadukan sebesar 200 rpm selama 2 menit dan kecepatan pengadukan pada proses flokulasi sebesar 60 rpm dengan waktu 40 menit. Penyisihan kandungan warna dan Total Suspended Solid (TSS) tertinggi terjadi pada penggunaan biokoagulan dengan dosis 3500 mg/l pH 6 yaitu berturut-turut sebesar 76% dan 75%.

Keyword:

dyestuffs, coagulants, dried luffa, dosage

ABSTRACT

Batik wastewater comes from the dyeing process of batik fabrics. Reactive dyestuffs are synthetic dyes that are often used. Reactive dyes that are often used are *Methyl Orange* (MO) and *Methyl Blue*. Only 5% of the dyestuffs are used in batik dyeing, the remaining 95% will be discarded. The content of dyestuffs used causes batik liquid waste to have alkaline, carcinogenic properties, difficult to decompose and contain high organic substances. So that batik wastewater treatment is needed before it is discharged into water bodies, coagulation is one of the waste treatment methods that can be used. The purpose of this study is to determine the decrease in pollutant parameters in the form of TSS and color by the biocoagulant of dried luffa cylindrica. This study was conducted by varying the dose of coagulants and pH of coagulants with a stirring speed of 200 rpm for 2 minutes and a stirring speed in the flocculation process of 60 rpm with a time of 40 minutes. The highest removal of color content and Total Suspended Solid (TSS) occurred in the use of biocoagulant at a dose of 3500 mg / l pH 6, namely 76% and 75% respectively.

1. PENDAHULUAN

Air limbah batik berasal dari proses pencelupan pada pembuatan kain batik. Zat warna yang digunakan dalam proses pencelupan kain batik yaitu zat warna alami dan zat warna sintesis. Zat warna sintesis yang digunakan antara lain yaitu zat warna Asam, naftol, direk, dan reaktif. Proses degradasi zat warna asam dan langsung lebih cepat dibandingkan dengan proses degradasi zat warna reaktif (Purwaningsih *et al.*, 2021). Zat warna reaktif yang sering digunakan yaitu *Methyl Orange* (MO) dan *Methyl Blue*. Dalam pewarnaan kain batik, zat warna yang digunakan hanya sekitar 5% dan 95% sisanya akan dibuang. Zat warna tersebut bersifat basa, karsinogenik, sulit diuraikan, dan mengandung kadar zat organik yang tinggi. Hal itu menyebabkan limbah yang dihasilkan memiliki karakteristik

pekat, bau yang menyengat, serta kadar organik yang tinggi (Indrayani & Rahmah, 2018). Karakteristik fisik pada cair limbah batik, meliputi warna, bau, temperatur, dan padatan. Sedangkan nilai derajat keasaman (pH), BOD, COD, dan TSS merupakan sifat kimia yang dimiliki limbah batik. Karakteristik biologis pada limbah batik yaitu mikroorganisme yang terkandung di dalamnya. Baku mutu TSS dan warna air limbah batik menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 berturut-turut yaitu 50 mg/l dan 200 Pt-Co (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014).

Air limbah batik yang tidak melalui proses pengolahan akan berdampak buruk terhadap lingkungan sekitar. Sehingga air limbah yang akan di buang harus diolah terlebih dahulu. Metode koagulasi merupakan salah satu metode pengolahan air limbah batik yang dapat digunakan. Tujuan

dari penelitian ini yaitu untuk menurunkan parameter pencemar berupa TSS dan warna oleh biokoagulan gambas kering. Proses koagulasi merupakan proses perubahan padatan yang tersuspensi koloid di dalam air menjadi gumpalan yang dapat diendapkan dan di saring (Siregar, 2005). Pengendapan partikel memiliki lama waktu pengendapan yang dipengaruhi oleh besarnya diameter partikel. Partikel koloid memiliki diameter 0,0001-0,00001 mm karena diameter partikel yang sangat kecil menyebabkan partikel koloid sangat sulit mengendap dan menyebabkan kekeruhan. Untuk dapat mengendapkan perlu dilakukan perubahan ukuran partikel yang kecil menjadi partikel yang memiliki ukuran lebih besar dengan metode koagulasi dan flokulasi.

Proses penggabungan flok yang berukuran kecil dari koagulasi menjadi flok yang berukuran besar disebut dengan proses flokulasi (Mayasari *et al.*, 2012). Pada proses koagulasi dilakukan pencampuran koagulan dengan pengadukan cepat sehingga menyebabkan distabilisasi koloid dan partikel dalam air. Flok-flok presipitat yang dapat mengikat suspensi halus dan koloid terbentuk dari koagulan yang tidak dapat larut dalam air. Pembentukan flok pada koagulasi diakibatkan oleh adanya partikel yang bermuatan positif dan negatif akibat dari ketidakstabilan partikel (Ariana, 1993). Sedimentasi bertujuan untuk memisahkan antara flok dengan air (Fewtrell, 2013). Proses sedimentasi merupakan proses pemisahan padatan dan cairan dengan memanfaatkan gaya gravitasi (Rumbino & Abigael, 2020). Keberhasilan proses koagulasi juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu penentuan dosis, pemilahan bahan, dan pH koagulan. Untuk dapat mengetahui dosis optimum, dapat dilakukan dengan jar test, hal tersebut dikarenakan tidak selalu penambahan dosis koagulan menyebabkan penurunan kekeruhan (Gebbie, 2005).

Bahan kimia atau biologi yang dicampurkan untuk menggabungkan koloid dengan koloid yang lain, yang membentuk gumpalan yang lebih besar dan lebih cepat mengendap disebut dengan koagulan. Proses koagulasi umumnya menggunakan koagulan kimia seperti *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan *Alumunium Sulphate* (tawas) Hal itu juga memberikan dampak berbahaya terhadap lingkungan dikarenakan koagulan tersebut menghasilkan endapan lumpur serta zat sisa yang disebut dengan *epichlodine* yang bersifat karsinogenik (Muyibi & Alfugara, 2003) dan dapat meningkatkan potensi penyakit seperti Alzheimer dan Parkinson (Özacar & Şengil, 2003). Untuk mengurangi dampak buruk koagulan kimia maka diperlukan alternatif koagulan lain, yaitu koagulan alami (*green coagulant*).

Koagulan alami dapat dikelompokkan berdasarkan bahan aktifnya yaitu protein, polifenol, dan polisakarida (Kristianto, 2017). Polisakarida merupakan senyawa aktif yang memiliki gugus hidroksil yang banyak serta rantai yang berdekatan, sehingga dapat menjadi bahan pengikat koloid (Kondo & Arsyad, 2018). Bahan aktif polisakarida dapat dijadikan alternatif untuk dimanfaatkan sebagai koagulan alami dikarenakan ketersediaan yang melimpah di alam. Senyawa polisakarida berasal dari hewan maupun tumbuhan. Polisakarida yang berasal dari tumbuhan salah satunya yaitu pada gambas kering. Gambas kering terdiri dari beberapa komponen yaitu 60% selulosa, 10% lignin, dan 30% hemiselulosa (F.J. & F.K, 2015). Penambahan biokoagulan

bertujuan untuk menghasilkan gaya tarik Van der Waals dengan cara menurunkan jumlah muatan negatif agar membentuk koloid dan padatan tersuspensi halus untuk dapat membentuk mikroflok.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan air limbah batik Jetis Sidoarjo diolah menggunakan metode koagulasi dengan variasi pH dan dosis biokoagulan gambas kering. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu blender, timbangan analitik, jartest, beaker glass 1000 mL, dan pH meter. Bahan yang digunakan yaitu gambas kering, limbah cair industri batik, larutan HCL, dan NaOH. Jar test yang digunakan pada penelitian ini yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Jar Test

Penelitian pendahuluan dilaksanakan dengan menguji karakteristik limbah cair industri batik. Kemudian pembuatan biokoagulan dari gambas kering dengan cara memilih gambas yang sudah tua dan kering. Gambas tersebut tersebut dikeringkan kembali dan dijemur di bawah panas matahari selama 1-2 hari hingga gambas menjadi kering. Gambas yang telah kering dihaluskan dengan menggunakan pelumat atau blender. Pada penelitian ini *green coagulant* yang digunakan divariasikan berdasarkan pH 5, 6, 7, 8, dan 9 dengan cara menambahkan larutan asam berupa HCL 1 M dan NaOH 1 M kemudian dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit. Biokoagulan yang telah divariasikan berdasarkan pH disaring menggunakan kertas saring untuk mengurangi cairan dari penambahan larutan asam basa sehingga didapatkan ekstrak dari gambas kering tersebut. Setelah pembuatan biokoagulan selesai maka akan dilanjutkan tahap penelitian utama dengan memasukkan 1000 mL limbah cair industri batik ke dalam masing-masing *beaker glass* ukuran 1.000 ml. Kemudian memasukkan biokoagulan dengan variasi dosis yaitu 2.500 mg/L, 3.000 mg/l, dan 3.500 mg/l. Proses koagulasi dilakukan dengan menggunakan jartest dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit dan proses flokulasi dilakukan dengan kecepatan 60 rpm selama 40 menit. Parameter yang diuji pada penelitian ini adalah warna dan *Total Suspended Solid* (TSS). Penelitian ini membandingkan kemampuan biokoagulan gambas kering dalam menyisihkan kandungan warna dan TSS pada setiap variasi pH dan dosis koagulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis air limbah industri batik jetis Sidoarjo ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Analisis Awal Limbah Cair Industri Batik

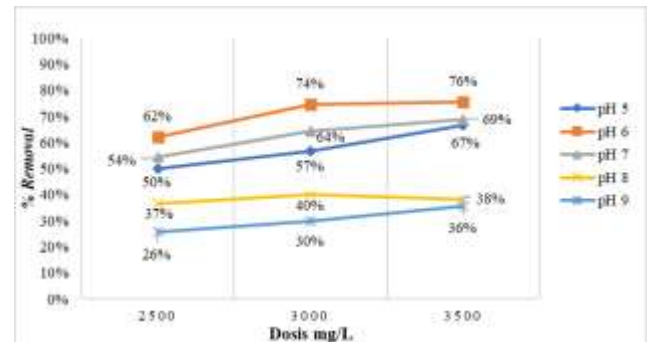
No.	Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu
1	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	360 mg/L	50 mg/L
2	COD	1799,7 mg/L	60 mg/L
3	BOD	130,8 mg/L	150 mg/L
4	pH	10,01	6-9
5	Warna	1521 Pt-Co	200 Pt-Co
6	Kekeruhan	51,2 NTU	-
7	Suhu	26,3 °C	Deviasi 2* (Temperatur Udara Sekitar)

Berdasarkan hasil analisis awal air limbah batik jetis menunjukkan bahwa parameter warna dan TSS limbah tersebut belum memenuhi standar ambang batas air limbah. Sehingga pada penelitian ini menggunakan biokoagulan gembas kering untuk mengolah air limbah batik dengan variasi dosis koagulan 2500 mg/L, 3000 mg/l, dan 3500 mg/l dan pH 5, 6, 7, 8, dan 9. Hasil analisis pengaruh variasi pH dan dosis terhadap persen penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS) menggunakan biokoagulan gembas kering disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh Variasi pH dan Dosis terhadap Persen Penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS)

pH	Dosis (mg/L)	Persen Removal	Baku Mutu (Permen LHK No 5 Tahun 2014)
5	2500	50%	Belum Memenuhi
	3000	57%	Belum Memenuhi
	3500	67%	Belum Memenuhi
6	2500	62%	Belum Memenuhi
	3000	74%	Belum Memenuhi
	3500	76%	Belum Memenuhi
7	2500	54%	Belum Memenuhi
	3000	64%	Belum Memenuhi
	3500	69%	Belum Memenuhi
8	2500	37%	Belum Memenuhi
	3000	40%	Belum Memenuhi
	3500	38%	Belum Memenuhi
9	2500	26%	Belum Memenuhi
	3000	30%	Belum Memenuhi
	3500	36%	Belum Memenuhi

Kemampuan biokoagulan dalam menyisihkan *Total Suspended Solid* (TSS) disajikan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Persen Removal Penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS)

Berdasarkan hasil analisis pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis koagulan yang dibubuhkan dapat menyisihkan *Total Suspended Solid* (TSS) lebih besar. Hal itu ditunjukkan oleh persen penyisihan TSS dengan dosis 3500 mg/l lebih tinggi dibandingkan persen penyisihan dengan dosis 2500 mg/l dan 3000 mg/l. Pada variasi pH koagulan, penyisihan TSS tertinggi terjadi pada pH 6. Hal itu diakibatkan oleh beberapa faktor, yaitu jenis koagulan, jumlah suspensi koloid, dan pH koagulan (Bangun *et al.*, 2013). Dari hasil analisis penyisihan TSS di diketahui bahwa penyisihan TSS tertinggi yaitu sebesar 76% yang terjadi akibat penambahan biokoagulan dosis 3500 mg/l pH 6 dengan kadar TSS sebesar 88 mg/l, tetapi masih belum memenuhi standar baku mutu dengan nilai ambang batas limbah cair parameter TSS sebesar 50 mg/L. Sedangkan penyisihan terendah yaitu sebesar 26% terjadi pada pH 9 dengan pengaturan dosis 2500 mg/l. Hal itu sejalan dengan penelitian (Ningsih *et al.*, 2018) yang menyebutkan bahwa dosis koagulan merupakan faktor utama yang mempengaruhi proses koagulasi-flokulasi, hal itu diakibatkan karena dosis koagulan yang optimum dapat menghilangkan padatan terlarut yang terkandung dalam limbah cair batik dan menurut (S.W. *et al.*, 2009). Peningkatan pembentukan presipitat yang berdampak pada peningkatan frekuensi tumbukan antar partikel diakibatkan adanya penambahan dosis koagulan sehingga dapat memperbesar ukuran flok yang berdampak pada tingginya efisiensi penyisihan padatan tersuspensi. Penambahan dosis koagulan pada limbah cair industri batik juga mempengaruhi nilai pH. Di mana pH awal limbah cair industri batik sebesar 10,2 dengan adanya penambahan dosis koagulan pH menurun sedikit menjadi kisaran pH 8,5 hingga 9, hal tersebut dikarenakan semakin besar dosis koagulan yang diberikan maka akan meningkatkan kandungan H⁺ dalam air akibat adanya proses hidrolisis sehingga menyebabkan pH akan semakin rendah (Nisa & Aminudin, 2019). Biokoagulan gembas kering tidak hanya bisa menyisihkan kandungan *Total Suspended Solid* (TSS), tetapi juga dapat menyisihkan kandungan warna air limbah batik. Hasil penyisihan warna limbah cair industri batik disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 3 di bawah ini.

Tabel 3. Pengaruh Variasi pH dan Dosis terhadap Persen Penyisihan Warna

pH	Dosis (mg/L)	Persen Removal	Baku Mutu (Permen LHK No 5 Tahun 2014)
5	2500	70%	Belum Memenuhi
	3000	70%	Belum Memenuhi
	3500	72%	Belum Memenuhi
6	2500	72%	Belum Memenuhi
	3000	74%	Belum Memenuhi
	3500	75%	Belum Memenuhi
7	2500	70%	Belum Memenuhi
	3000	71%	Belum Memenuhi
	3500	73%	Belum Memenuhi
8	2500	54%	Belum Memenuhi
	3000	56%	Belum Memenuhi
	3500	60%	Belum Memenuhi
9	2500	46%	Belum Memenuhi
	3000	47%	Belum Memenuhi
	3500	50%	Belum Memenuhi

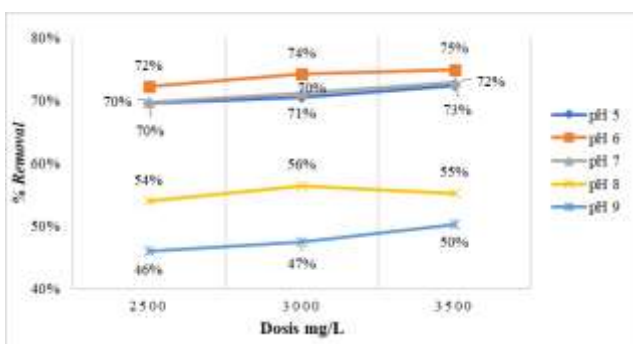


(a) Air Limbah Batik Sebelum Diolah



(b) Air Limbah Batik Sesudah Diolah

Gambar 4. Limbah Cair Batik (a) Sebelum dan (b) Sesudah Diolah



Gambar 3. Persen Removal Penyisihan Warna

Berdasarkan hasil analisis, penelitian ini menunjukkan bahwa tinggi dosis koagulan yang diberikan berdampak pada tingginya penyisihan warna, hal itu dapat ditunjukkan pada Gambar 3 bahwasanya dengan pencampuran dosis koagulan sebesar 3.500 mg/l dapat menyisihkan warna lebih baik dibandingkan dengan dosis koagulan 2.500 mg/l dan 3.000 mg/l. Pada variasi pH koagulan, penyisihan warna tertinggi terjadi pada koagulan pH 6 dibandingkan dengan pH 5, 7, 8, dan 9. Hal itu menunjukkan bahwasanya pH koagulan memengaruhi besar penyisihan warna limbah cair industri batik. Dari hasil analisis di atas diketahui bahwa penyisihan warna tertinggi terjadi pada dosis koagulan 3.500 mg/l pH 6 yaitu sebesar 75% dengan kadar warna sebesar 381 Pt-Co, masih belum memenuhi standar baku mutu dengan nilai ambang batas limbah cair parameter warna sebesar 200 Pt-Co. Sedangkan penyisihan terendah terjadi pada dosis koagulan 2.500 mg/l pH 9 yaitu sebesar 46% dengan kadar warna sebesar 821 Pt-Co. Perubahan warna air limbah batik dapat ditunjukkan oleh Gambar 4.

Hasil pengolahan air limbah menggunakan metode koagulasi flokulasi akan menghasilkan endapan atau yang biasa disebut dengan flok. Flok atau endapan yang terbentuk setelah proses dapat dikur menggunakan beberapa metode antara lain yaitu PSA, XRD, dan SEM. PSA merupakan singkatan dari *Particle Size Analyzer* yaitu instrument yang digunakan untuk menganalisis dan mengetahui distribusi suatu ukuran partikel. PSA memiliki keakuratan lebih tinggi dari pada instrumen SEM ataupun XRD, hal tersebut dikarenakan dengan instrumen PSA, partikel didispresikan ke dalam medium sehingga ukuran partikel yang terdispresikan menjadi *single particle* (Nanotech, 2012). Pengukuran karakteristik flok pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Analisa Zat Padat Departemen Fisika Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) Surabaya. Pada hasil penelitian menggunakan biokoagulan gambas kering ini, terbentuk endapan atau flok sempurna pada waktu 70-100 menit. Hal tersebut terjadi diakibatkan komposisi dan kondisi dari bahan koagulan yang digunakan. Pengukuran karakteristik flok dilakukan untuk mengetahui apakah bahan yang dijadikan sebagai koagulan dapat bekerja dengan baik untuk membentuk sebuah endapan atau flok. Pengujian karakteristik endapan atau flok ini dilakukan pada endapan yang dihasilkan dari proses koagulasi-flokulasi. Hasil pengukuran karakteristik endapan dapat ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 4. Karakteristik Endapan dari Biokoagulan Gambas Kering

Range Hasil PSA Green Coagulant (nm)	Range Polydispersity Index (PI) (nm)	Range Hasil PSA Flok (nm)	Range Polydispersity Index (PI) (nm)
948,6 - 1004	0,617 – 0,624	1155 - 1213	0,500 – 0,500

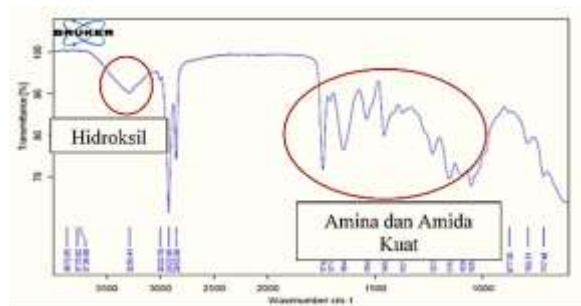
Dari hasil analisis di atas satuan angka yang digunakan adalah nanometer (nm) hal tersebut dikarenakan partikel yang dianalisis memiliki ukuran yang sangat kecil yang terdispersi dengan larutan sehingga hanya dapat dinyatakan dengan satuan nanometer (nm). Sedangkan distribusi ukuran partikel atau yang disebut dengan *Polydispersity Index* (PI). Nilai PI menunjukkan kehomogenan ukuran dari suatu partikel. Apabila nilai PI lebih dari 1,0 maka ukuran partikel tersebut homogen, sedangkan apabila nilai PI lebih dari 1,0 maka ukuran partikel tersebut tidak homogen atau tidak seragam (Malvern, 2013). Pada hasil karakteristik PSA biokoagulan gambas kering memiliki *range* ukuran 948,6 nm – 1.004 nm sedangkan hasil PSA flok atau endapan yang dihasilkan berukuran 1.155 nm – 1.213 nm. Hal tersebut menunjukkan bahwa ukuran flok lebih besar dari pada ukuran biokoagulan yang digunakan, hal itu menandakan adanya penambahan ukuran biokoagulan akibat dari terdestabilisasinya partikel yang disebabkan adanya pengadukan cepat dan lambat pada proses koagulasi-flokulasi. Pertambahan ukuran partikel menunjukkan bahwa biokoagulan gambas kering memiliki penyerapan partikel yang baik sehingga gambas kering merupakan alternatif terbaik yang dapat digunakan sebagai biokoagulan meskipun masih belum memenuhi baku mutu.

Untuk mengetahui gugus fungsi pada biokoagulan gambas kering dapat dilakukan dengan uji *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Uji FTIR dilakukan di Laboratorium Kimia Farmasi Departemen Farmasi Universitas Airlangga Surabaya. Hasil uji FTIR biokoagulan gambas kering ditunjukkan oleh Tabel 5 dan Gambar 5.

Tabel 5. Karakteristik Endapan dari Biokoagulan Gambas Kering

Ikatan	Panjang Gelombang (cm ⁻¹)	Tipe Senyawa	Jenis Green Coagulant
O-H	3200-3600, 2500-2700	Hidroksil	Gambas Kering
C-N	1180-1360	Amina, Amida	Gambas Kering

Pada hasil analisis FTIR gambas kering diketahui bahwa biokoagulan gambas kering memiliki senyawa hidroksil (OH) dengan panjang gelombang 3.200 – 3.600 cm⁻¹ dan senyawa amina dan amida dengan intensitas kuat (NH) pada panjang gelombang 1.180 – 1.360 cm⁻¹. Gugus-gugus tersebut merupakan gugus yang berperan sebagai donor elektron dalam proses pembentukan endapan atau flok (Puspitasari, 2015).



Gambar 5. Hasil FTIR Biokoagulan Gambas Kering

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat ditarik kesimpulan bahwasannya penggunaan dosis koagulan tertinggi yaitu dosis 3.500 mg/l dengan pH 6 memberikan efisiensi penyisihan padatan terlarut (TSS) dan penyisihan warna tertinggi yaitu sebesar 76% dan 75% dengan kadar TSS sebesar 88 mg/l dan warna sebesar 381 Pt-Co. Dengan hasil pengolahan tersebut, limbah cair industri batik masih belum memenuhi standart baku mutu dengan nilai ambang batas *Total Suspendid Solid* (TSS) sebesar 50 mg/l dan warna sebesar 200 Pt-Co, maka diperlukan pengolahan lebih lanjut untuk menurunkan parameter TSS dan warna pada limbah cair batik. Hasil analisis karakteristik flok atau endapan dari proses koagulasi-flokulasi green coagulant gambas kering memiliki pertambahan ukuran dan memiliki senyawa hidroksil (OH) dengan panjang gelombang 3.200 – 3.600 cm⁻¹ dan amina amida (CN) dengan intensitas kuat pada panjang gelombang 1.180 – 1.360 cm⁻¹.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan pembuatan jurnal ini. Serta mengucapkan terima kasih kepada Bu Novirina dan Pak Kokoh selaku dosen pembimbing yang telah membimbing sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian ini dan kepada orang tua, teman yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan pembuatan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariana, T. W. (1993). *Pengolahan Limbah Uranium* (Vol. 4th). Tabloid STTL.
- Bangun, A. R., Aminah, S., Hutahae, R. A., & Ritonga, M. Y. (2013). Pengaruh Kadar Air, Dosis dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1).
- F.J., A., & F.K, O. (2015). Kinetic studies on the effect of Pb(II), Ni(II) and Cd(II) ions on biosorption of Cr(III) ion from aqueous solutions by Luffa cylindrica fibre. *Pelagia Research Library*, 6(8), 180–188.
- Fewtrell, L. (2013). Water Quality: Guidelines, Standards and Health: Assessment of Risk and Risk Management for Water-Related Infectious Disease. *Water*

- Intelligence Online*, 12.
- Gebbie, P. (2005). A dummy's guide to coagulants. *68th Annual Water Industry Engineers and Operators' Conference*, 75.
- Indrayani, L., & Rahmah, N. (2018). Nilai Parameter Kadar Pencemar sebagai Penentu Tingkat Efektivitas Tahapan Pengolahan Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(1), 41–50.
- Kondo, Y., & Arsyad, M. (2018). Analisis Kandungan Lignin, Sellulosa, dan Hemiselulosa Serat Sabut Kelapa Akibat Perlakuan Alkali. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 5(2).
- Kristianto, H. (2017). The Potency of Indonesia Native Plants as Natural Coagulant: a Mini Review. *Water Conservation Science and Engineering*, 2(2).
- Malvern. (2013). *Zetasizer Nano User Manual*. Malvern Instruments Ltd.
- Mayasari, R., Raya Palembang Prabumulih Km, J., Ogan Ilir, I., & Instalasi Produksi PDAM Tirta Musi Jalan Rambutan Ujung No, B. (2012). Pengaruh Kualitas Air Baku terhadap Dosis dan Biaya Koagulan Aluminium Sulfat dan *Poly Aluminium Chloride*. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(4), 21–30.
- Muyibi, S. A., & Alfugara, A. M. S. (2003). Treatment of surface water with Moringa oleifera seed extract and alum - A comparative study using a pilot scale water treatment plant. *International Journal of Environmental Studies*, 60(6).
- Nanotech. (2012). *Jasa Karakterisasi PSA (Partikel Size Analyzer) dan Zeta Potensial*. Balai Inkubator Teknologi Serpong-Tangerang.
- Ningsih, E., Sato, A., Azizah, N., & Rumanto, P. (2018). Pengaruh Waktu Pengendapan dan Dosis Biokoagulan dari Biji Kelor dan Biji Kecapir terhadap Limbah Laundry. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*, April.
- Nisa, N. I. F., & Aminudin, A. (2019). Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan Terhadap Parameter Kualitas Air dengan Metode Jarrest. *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*, 3(2), 61.
- Özacar, M., & Şengil, I. A. (2003). Evaluation of tannin biopolymer as a coagulant aid for coagulation of colloidal particles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 229(1–3).
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Purwaningsih, D. Y., Wulandari, I. A., & Aditya, W. (2021). Pemanfaatan Cangkang Telur Ayam Sebagai Biosorben untuk Penurunan COD pada Limbah Cair Pabrik Batik. *Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan I (SENASTITAN I)*, 1(2).
- Puspitasari, H. (2015). Uji Pemanfaatan Tulang Hewan sebagai Koagulan Alami pada Pengolahan Air Sungai. *Institute of Sepuluh November Surabaya*.
- Rumbino, Y., & Abigael, K. (2020). Penentuan Laju Pengendapan Partikel di Kolam Penampungan Air Hasil Pencucian Bijih Mangan. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana*, 14(1).
- S.W., R., Iswanto, B., & . W. (2009). Pengaruh pH pada Proses Koagulasi dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Ferri Klorida. *Indonesian Journal Of Urban And Environmental Technology*, 5(2).
- Siregar, S. A. (2005). *Instalasi Pengolahan Air Limbah* (pp. 43–50). Kansius.