

## KAJIAN EFEKTIVITAS BIOFLOKULAN PATI BIJI ASAM JAWA TERHADAP PENURUNAN KADAR COD LIMBAH CAIR TAHU

Andree Suryo Adi Saputroh\*, Michelle Vaneza Priscilla, Titi Susilowati

Program studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294, Indonesia

\*e-mail: andree.ryoditroh28@gmail.com

Received: 20 Januari 2020; Accepted: 22 Maret 2020; Available online: 31 Maret 2020

### Abstrak

Studi tentang pengolahan limbah industri tahu telah dilakukan. Pengolahan limbah dilakukan secara kimia dengan flokulasi menggunakan flokulan dari bahan organik, yaitu pati biji asam jawa. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pengaruh dosis pati biji asam jawa terhadap penurunan kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada limbah cair industri tahu dan waktu proses flokulasi terhadap penurunan kadar COD. Metode penelitian terdiri atas isolasi pati biji asam jawa dan flokulasi limbah cair industri tahu. Isolasi pati biji asam jawa dilakukan dengan metode deproteinasi dan demineralisasi. Metode deproteinasi menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 0,1M, dilanjutkan metode demineralisasi menggunakan larutan HCl 0,1M. Setelah itu dilakukan proses flokulasi terhadap 250ml limbah tahu yang memiliki kadar COD awal sebesar 5980,95mg/L, dengan variasi dosis bioflokulan 4,5; 9; 13,5; 18; 22,5gram dan variasi waktu pengadukan selama 5, 10, 15, 20, 25menit. Hasil penelitian menunjukkan bioflokulan pati biji asam jawa efektif digunakan dalam proses pengolahan limbah cair industri tahu, dengan dosis optimum sebesar 4,5gram dan waktu pengadukan selama 10menit menunjukkan efisiensi penurunan kadar COD sebesar 83,36%.

**Kata kunci:** COD; flokulasi; limbah cair industri tahu; pati biji asam jawa.

### Abstract

Tofu industrial wastewater treatment has been studied in this research. Tofu industrial wastewater can be chemically treated by flocculation with Tamarindus indica starch bioflocculant. The purpose of this study is to examine the effect of bioflocculant dosage on decreasing levels of Chemical Oxygen Demand (COD) in tofu industrial wastewater and assessing the effect of flocculation time process on reducing COD levels. The research method consisted of isolation of tamarind seeds starch and flocculation toward 250ml tofu wastewater which contains 5980,95mg/L COD. Isolation process was carried out by deproteination and demineralization methods. Deproteination method was done by using NaOH 0,1M solution, demineralization method using HCl 0,1M solution. Bioflocculant dosage variables are 4.5; 9; 13.5; 18; 22.5grams with flocculation time for 5, 10, 15, 20, 25minutes. The results showed that bioflocculant of tamarind seeds starch was used effectively in the process of tofu wastewater treatment, with optimum dosage of 4.5grams, flocculation time for 10minutes, and decrease efficiency COD levels of 83.36%.

**Keywords:** COD; flocculation; tamarind seeds starch; tofu industrial liquid wastewater.

## PENDAHULUAN

Demi menunjang kebutuhan pangan manusia dengan selera yang berbeda, maka banyak industri di bidang pangan yang didirikan, tidak terkecuali industri tahu. Perkembangan industri tahu yang masif memberikan manfaat serta menimbulkan dampak negatif dari limbah yang dihasilkan. Limbah cair industri tahu mengandung berbagai polutan utama berupa bahan organik dalam bentuk tersuspensi seperti karbohidrat sebesar 25–50%, 10% lemak, dan sekitar 40–60% protein [1]. Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang terkandung dalam 250ml limbah cair tahu sebesar 5980,95mg/L sehingga melebihi baku mutu air limbah industri tahu dimana kadar maksimum COD sebesar 300mg/L. Karena tingginya kadar COD, maka limbah cair industri tahu harus diolah sebelum dibuang untuk melindungi kualitas lingkungan.

Beberapa proses yang dapat diterapkan dalam pengolahan limbah cair industri tahu yaitu proses secara fisika, biologi, dan kimia [2]. Proses yang dipilih adalah pengolahan secara kimia melalui proses flokulasi. Limbah cair industri tahu mengandung padatan tersuspensi yang dapat dipisahkan dengan jalan merubah sifat partikel yang tidak mudah diendapkan menjadi mudah diendapkan dengan penambahan bahan kimia melalui proses flokulasi [1]. Flokulasi adalah suatu proses berkumpulnya partikel flok mikro yang membentuk aglomerasi besar melalui aksi pengikatan oleh flokulan. Flokulan yang umumnya digunakan adalah flokulan kimia, antara lain aluminium sulfat (tawas), polialuminium klorida (PAC), dan polimer kation [3]. Namun flokulan kimia dianggap kurang ramah lingkungan oleh karena masih mengandung senyawa aluminium sulfat yang cukup tinggi, yaitu lebih dari 0,2mg/L [4]. Hal ini perlu diatasi dengan penggunaan flokulan dari bahan alami, salah satunya adalah biji asam jawa yang selama ini jarang dimanfaatkan dan perlu dikembangkan untuk pengolahan limbah yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan.

Biji asam jawa (*Tamarindus indica*) merupakan sumber karbohidrat, protein, lemak, asam amino, dan kulit bijinya mengandung tanin. Biji asam jawa dapat dimanfaatkan dalam

pengolahan limbah karena mengandung pati yang bersifat sebagai flokulan alami yang cukup efektif dalam peningkatan kualitas limbah cair. Pati biji asam jawa diambil dengan cara pengeringan, dilanjutkan isolasi, penyimpanan, dan analisis kadar pati [5]. Tahapan ini mampu menghasilkan bioflokulan yang berperan dalam pengolahan limbah cair industri tahu dengan penurunan kadar TSS dan COD maksimal [6]. Metode isolasi pati ini merupakan metode yang lebih baik dari ekstraksi pati karena tingkat kemurnian amilosa dan amilopektin yang didapatkan lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena ekstraksi pati menggunakan pelarut berupa air panas bersuhu kurang dari 60°C sampai 85°C. Proses tersebut memungkinkan terjadinya gelatinisasi pati sehingga granula akan pecah menghasilkan struktur gel koloid dengan kadar amilosa yang lebih kecil daripada amilopektin [7].

Isolasi pati adalah modifikasi dari cara pemisahan suatu zat berdasarkan perbedaan kelarutannya untuk mendapatkan pati dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Proses isolasi pati dapat berlangsung melalui perusakan struktur sel pengotor dan/atau pergerakan menerobos ke dalam granula pati yang membesar [8]. Isolasi pati biji asam jawa dilakukan dengan proses deproteinasi dan demineralisasi. Deproteinasi merupakan tahap penghilangan protein menggunakan larutan basa, seperti NaOH atau KOH konsentrasi rendah. Sedangkan, proses demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan kandungan mineral yang terdapat pada biji asam jawa dengan larutan HCl konsentrasi rendah [9].

Berdasarkan hasil analisa, didapatkan kadar pati biji asam jawa sebesar 19,02% dalam 50gram sampel. Pati yang telah diisolasi kemudian digunakan sebagai bioflokulan karena pati merupakan polimer rantai panjang yang mampu memacu terjadinya proses flokulasi. Mekanisme flokulasi diawali dengan menempelnya polimer rantai panjang pada sebagian kecil sisi partikel tersuspensi. Kemudian, polimer rantai panjang tersebut merentangkan simpul panjang dan ujungnya pada air limbah sehingga dapat menghubungkan untaian dan ujung dua partikel. Selanjutnya rantai polimer itu dapat

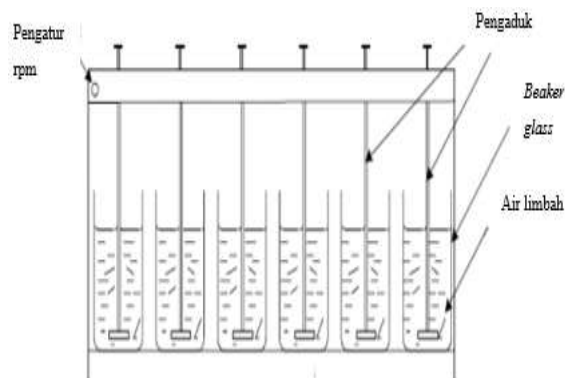
membentuk sebuah jembatan atau ikatan [10]. Pemberian bioflokulan dari pati biji asam jawa yang disertai pengadukan mampu menurunkan kadar COD pada limbah cair industri tahu karena terjadi distribusi ke seluruh bagian limbah dan berinteraksi dengan senyawa organik sehingga membentuk flok-flok [11].

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh dosis pati biji asam jawa (*Tamarindus indica*) terhadap penurunan kadar COD pada limbah cair industri tahu serta mengkaji pengaruh waktu proses flokulasi terhadap penurunan kadar COD pada limbah cair industri tahu.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair industri tahu dengan kadar COD awal sebesar 5980,95mg/L, biji asam jawa, natrium hidroksida, dan asam klorida. Alat yang digunakan adalah rangkaian alat secara *batch*, terdiri dari pengaduk yang dilengkapi pengatur rpm dan waktu, dan *beaker glass* 1000ml.



Gambar 1. Rangkaian alat penelitian

### Prosedur

#### Pembuatan Bioflokulan Pati Biji Asam Jawa

Bioflokulan pati biji asam jawa dibuat dengan proses isolasi yang diawali dengan proses pengeringan biji asam jawa di bawah sinar matahari selama 2hari. Lalu mengupas kulit biji asam jawa dengan terlebih dahulu merendam dalam air selama 3jam dan

dilanjutkan proses pelunakan dengan merebus biji asam jawa dalam air panas bersuhu kurang dari 55°C selama 30menit agar kulit lebih mudah dikupas. Kemudian biji asam jawa dihancurkan secara kasar dan direndam dalam larutan NaOH 0,1M sampai pH 9 untuk deproteinasi, dilanjutkan dengan demineralisasi dalam larutan HCl 0,1N sampai pH 7 lalu dicuci [12]. Biji asam jawa dihancurkan dengan crusher lalu diayak hingga berukuran 50mesh dan ditimbang sebanyak 400gram. Kemudian menguji kandungan pati yang terdapat dalam serbuk biji asam jawa setelah dilakukan proses isolasi dengan metode hidrolisis asam.

#### Flokulasi Limbah Cair Industri Tahu

Tahap flokulasi diawali dengan menuang limbah tahu dengan kadar COD awal sebesar 5980,95mg/L ke dalam 5 beaker glass yang berbeda dengan volume masing-masing sebesar 250ml. Lalu mencampurkan bioflokulan pati biji asam jawa dengan variasi dosis 4,5; 9; 13,5; 18; 22,5gram ke-dalam limbah tahu yang terdapat dalam beaker glass. Selanjutnya melakukan proses pengadukan lambat 40rpm dengan variasi waktu pengadukan selama 10, 15, 20, 25, 30 menit lalu disaring. Setelah proses flokulasi selesai, kandungan COD yang terdapat dalam limbah cair tahu dianalisa dengan metode spektrofotometri.

#### Analisa

Metode analisa pati biji asam jawa dilakukan dengan hidrolisis asam yang dimulai dengan menimbang 2 sampai 5gram sampel serbuk biji asam jawa dalam gelas piala 250 ml, lalu menambahkan 50ml aquadest dan diaduk selama 1jam. Suspensi disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan aquadest sampai volume filtrat 250ml. Bahan yang mengandung lemak dengan pati sebagai residu pada kertas saring dicuci 5 kali dengan 10ml eter, membiarkan eter menguap dari residu, kemudian dicuci dengan 150ml alkohol 10% untuk membebaskan lebih lanjut karbohidrat yang terlarut. Residu dipindahkan secara kuantitatif dari kertas saring ke dalam erlenmeyer dengan pencucian 200ml aquadest dan menambahkan 20ml HCl 25% (berat jenis 1,125), menutup dengan pendingin balik dan dipanaskan di atas penangas air mendidih

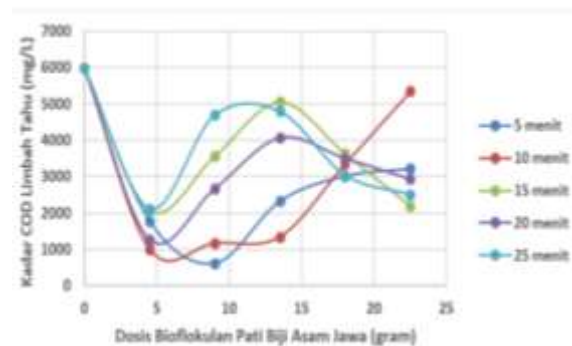
selama 2,5jam. Setelah dingin, dinetralkan dengan larutan NaOH 45% dan diencerkan sampai volume 500ml, kemudian disaring. Menentukan kadar gula dari filtrat yang diperoleh dengan penentuan gula reduksi melalui spektrofotometri dan metode Nelson – Somogyi. Berat glukosa dikalikan 0,9 merupakan berat pati [13].

Metode spektrofotometri untuk pengujian kebutuhan oksigen kimiawi (COD) dalam limbah cair industri tahu menggunakan reduksi ion dikromat ( $Cr_2O_7^{2-}$ ) dengan refluks tertutup. Pada kisaran nilai COD 100mg/L sampai dengan 900mg/L (konsentrasi tinggi), pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 600nm. Sedangkan nilai COD lebih kecil atau sama dengan 90mg/L (konsentrasi rendah), pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 420nm. Senyawa organik dalam sampel dioksidasi oleh ion dikromat ( $Cr_2O_7^{2-}$ ) dalam refluks tertutup menghasilkan  $Cr^{3+}$ . Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen ( $mgO_2/L$ ) dan diukur secara spektrofotometri.  $Cr_2O_7^{2-}$  kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 420nm dan  $Cr^{3+}$  kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 600nm [14]. Pada penelitian ini, kadar COD pada limbah cair industri tahu lebih besar dari 100mg/L sehingga dilakukan spektrofotometri menggunakan panjang gelombang sebesar 600nm.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan tabel 1, terlihat bahwa terjadi tren yang fluktuatif pada waktu pengadukan selama 5, 15, 20, dan 25menit. Perbedaan yang signifikan terlihat pada waktu pengadukan selama 10menit dimana terjadi

kecenderungan kadar COD untuk meningkat. Hal ini dapat disebabkan karena waktu pengadukan yang kurang lama disertai dengan dosis bioflokulan yang semakin bertambah mengakibatkan polimer pati yang merupakan bahan organik kurang tersebar secara merata. Peningkatan kadar COD ini sejalan dengan penambahan dosis bioflokulan yang ditambahkan karena meningkatnya kandungan bahan organik dalam air limbah [15]. Peningkatan kandungan bahan-bahan organik dalam air limbah turut mengkonsumsi oksigen, seperti karbohidrat dan protein yang masih terkandung dalam serbuk biji asam jawa [10]. Hal ini dapat diilustrasikan lebih jelas dengan



grafik beserta ulasanya yang terlihat pada gambar 2.

Gambar 2. Hubungan antara dosis bioflokulan pati biji asam jawa (gram) dengan kadar COD limbah cair industri tahu (mg/L)

Berdasarkan gambar 2, terlihat bahwa waktu pengadukan selama 20menit adalah waktu yang optimum karena menunjukkan tren yang stabil, yaitu selisih kenaikan serta penurunan nilai kadar COD yang tidak terlalu besar. Akan tetapi, tren yang berbeda terjadi pada waktu pengadukan selama 10menit dimana kecenderungan kadar COD meningkat pada setiap penambahan dosis bioflokulan pati biji asam jawa. Hal ini disebabkan karena

Tabel 1. Kadar COD limbah cair industri tahu setelah proses flokulasi pada kecepatan pengadukan 40rpm dengan variasi dosis bioflokulan pati

Berat pati (gram)	Kadar COD (mg/L)					
	Waktu	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit
4,5		1774,23	995,41	2067,60	1265,82	2118,62
9		615,05	1167,99	3560,59	2667,99	4695,15
13,5		2328,09	1340,56	5053,57	4070,15	4797,19
18		3018,45	3342,99	3624,36	3502,55	3036,99

Tabel 2. Efisiensi penurunan kadar COD pada limbah cair industri tahu setelah proses flokulasi

Waktu (menit)	Efisiensi penurunan kadar COD (%)				
	4,5gram	9gram	13,5gram	18gram	22,5gram
Berat pati					
5	70,34	89,72	61,07	49,53	46,24
10	83,36	80,47	77,59	44,11	10,63
15	65,43	40,47	15,51	39,40	63,30
20	78,84	55,39	31,95	41,44	50,93
25	64,58	21,50	19,79	49,22	58,07
Rata - rata	72,51	57,51	41,18	44,74	45,83

polimer yang ditambahkan melebihi jumlah padatan tersuspensi dalam limbah. Sehingga, tidak semua rantai polimer melakukan pengikatan partikel melainkan hal tersebut semakin menambah kandungan bahan organik. Hal ini ditandai dengan peningkatan kadar COD pada limbah cair. Kurva dengan kemiringan awal yang curam menunjukkan interaksi partikel padatan dengan flokulan, yang menyebabkan terjadi destabilisasi partikel dalam suspensi, dan mulai berflokulasi [16]. Jika ada afinitas antara segmen polimer dan permukaan partikel maka dapat terjadi adsorpsi rantai polimer, dimana pati sebagai rantai polimer yang panjang memiliki peluang untuk mengikat seluruh segmen padatan tersuspensi tanpa adanya pelepasan.

Persyaratan penting untuk menjembatani flokulasi ialah jumlah yang diserap tidak boleh terlalu tinggi atau terlalu rendah. Hal itu disebabkan oleh karena flokulasi optimum terjadi apabila semua polimer teradsorpsi oleh padatan tersuspensi sehingga dosis polimer sebagai flokulan harus berbanding lurus dengan konsentrasi partikel [17]. Teori tersebut dilengkapi pula dengan pernyataan bahwa peningkatan dosis bioflokulan akan menyediakan lebih banyak polimer untuk dihubungkan dengan padatan tersuspensi sehingga terbentuk agregat partikel – polimer – partikel, yang mengarah ke pembentukan flok yang lebih tinggi [10]. Konsentrasi polimer sebagai bioflokulan sebaiknya tidak lebih dari 0.5g/L, karena polimer alami lebih efektif ketika digunakan pada dosis rendah [18].

Setelah mengetahui pengaruh variasi penambahan dosis bioflokulan pati biji asam jawa terhadap penurunan kadar COD limbah cair industri tahu pada waktu yang telah

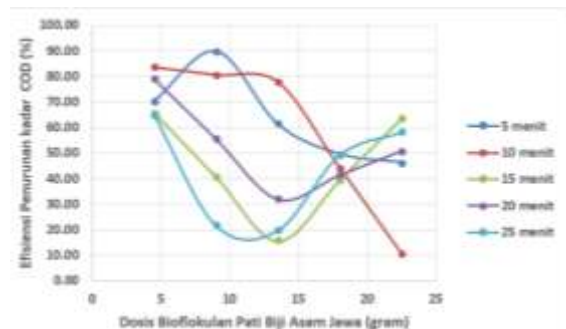
ditentukan, masih perlu dilakukan peninjauan lebih lanjut untuk mengetahui dosis bioflokulan yang optimum pada proses flokulasi. Peninjauan tersebut meliputi pengaruh variasi waktu pengadukan terhadap efisiensi penurunan kadar COD limbah cair industri tahu. Peninjauan tersebut meliputi pengaruh variasi waktu pengadukan terhadap efisiensi penurunan kadar COD limbah cair industri tahu. Peninjauan ini dapat dilihat pada tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa terjadi tren yang fluktuatif pada penambahan dosis bioflokulan sebesar 4,5; 9; 13,5; dan 22,5gram. Perbedaan yang signifikan terlihat pada penambahan dosis bioflokulan sebesar 18gram dimana terjadi kecenderungan efisiensi penurunan kadar COD untuk meningkat. Hal ini dapat disebabkan karena peningkatan dosis bioflokulan pati biji asam jawa yang tidak disertai dengan lamanya waktu pengadukan, sehingga polimer pati yang merupakan bahan organik menggumpal dan kurang maksimal dalam pengikatan padatan tersuspensi pada limbah. Dosis bioflokulan yang lebih besar membutuhkan waktu pengadukan yang lebih lama untuk distribusi pati ke seluruh bagian limbah sehingga dapat berinteraksi dengan padatan tersuspensi membentuk flok-flok

Hal ini dapat diilustrasikan dengan grafik beserta ulasannya yang terlihat pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa rata-rata pada setiap variabel menunjukkan tren yang fluktuatif. Akan tetapi hal ini berbeda pada saat waktu pengadukan selama 10 menit dimana tren yang ditunjukkan mengalami penurunan. Penambahan polimer pati yang terlalu banyak tanpa diimbangi dengan

penambahan waktu pengadukan menyebabkan flok yang terbentuk berukuran kecil dan terpisah satu sama lain, hal ini juga menjadikan pati sebagai flok baru yang semakin menurunkan efisiensi penurunan kadar COD pada limbah. Dosis yang terlalu rendah atau terlalu tinggi akan menurunkan performa flokulasi [19].



Gambar 3. Hubungan antara variasi dosis bioflokulan pati biji asam jawa (gram) dengan efisiensi penurunan kadar COD (%)

Pada pemberian dosis bioflokulan yang rendah diiringi dengan waktu pengadukan yang terlalu lama dapat menyebabkan pecahnya flok yang telah terbentuk sehingga hasil pengendapan kurang optimal [3]. Selain itu, juga ditemukan bahwa hanya beberapa jumlah partikel tersuspensi yang ditemukan terperangkap di setiap flok. Pengadukan yang terlalu lama menyebabkan flok yang telah beraglomerasi kembali didistribusikan secara acak [20]. Teori tersebut dilengkapi dengan pernyataan bahwa laju pembentukan flok umumnya menurun dengan meningkatnya ukuran flok yang akhirnya mengarah pada ukuran maksimum yang membatasi [21]. Hal tersebut yang menyebabkan perbedaan tren yang mendasar pada waktu pengadukan selama 10 menit.

### SIMPULAN

Bioflokulan pati biji asam jawa efektif digunakan dalam proses pengolahan limbah cair industri tahu dimana dosis optimum bioflokulan pati biji asam jawa sebesar 4,5gram dengan waktu pengadukan selama 10menit yang menunjukkan efisiensi penurunan kadar COD sebesar 83,36%.

### SARAN

Perlu dilakukan penelitian dengan penggunaan dosis bioflokulan yang lebih rendah, dilanjutkan dengan pelarutan dalam air sebelum ditambahkan ke dalam air limbah. Selain itu perlu adanya penambahan variabel berupa kecepatan pengadukan yang berpotensi menciptakan proses flokulasi yang lebih baik.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sugiharto, *Dasar-dasar pengelolaan air limbah*: Universitas Indonesia (UI-Press), 2014.
- [2] E. Metcalf, "Inc., wastewater engineering, treatment and reuse," *New York: McGraw-Hill*, 2003.
- [3] I. Nurika, A. R. Mulyanto, and K. Afshari, "Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) Sebagai Koagulan pada Proses Koagulasi Limbah Cair Tahu (Kajian Konsentrasi Serbuk Biji Asam Jawa dan Lama Pengadukan)," *Malang: Universitas Brawijaya*, 2007.
- [4] R. Alfian, S. Hamzani, and A. Khair, "Pengaruh Tawas dan Waktu Pengadukan Terhadap Kadar Fosfat pada Limbah Cair Laundry di Martapura Kabupaten Banjar," *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, vol. 14, pp. 431-438, 2017.
- [5] M. Kaur and S. Singh, "Physicochemical, morphological, pasting, and rheological properties of tamarind (*Tamarindus indica* L.) kernel starch," *International Journal of Food Properties*, vol. 19, pp. 2432-2442, 2016.
- [6] B. Ramavandi and S. Farjadfard, "Removal of chemical oxygen demand from textile wastewater using a natural coagulant," *Korean Journal of Chemical Engineering*, vol. 31, pp. 81-87, 2014.
- [7] A. Chandra, H. M. Ingrid, and V. Verawati, "Pengaruh pH dan Jenis Pelarut Pada Perolehan dan Karakterisasi Pati dari Biji Alpukat," *Research Report-Engineering Science*, vol. 2, 2013.
- [8] S. Sumarno, "Isolasi amilosa dan Amilopektin dari pati kentang," *Jurnal teknologi kimia dan industri*, vol. 2, pp. 57-62, 2013.
- [9] H. K. No and S. P. Meyers, "Crawfish chitosan as a coagulant in recovery of organic compounds from seafood processing streams," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 37, pp. 580-583, 1989.
- [10] C. Y. Teh, T. Y. Wu, and J. C. Juan, "Optimization of agro-industrial wastewater treatment using unmodified rice starch as a

- natural coagulant," *Industrial Crops and Products*, vol. 56, pp. 17-26, 2014.
- [11] P. Coniwanti, I. D. Mertha, and D. Eprianie, "Pengaruh Beberapa Jenis Koagulan terhadap Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dalam Tinjauannya terhadap Turbidity, TSS dan COD," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 19, 2013.
- [12] P. Triwitono, Y. Marsono, A. Murdiati, and D. W. Marseno, "Isolasi dan karakterisasi sifat pati kacang hijau (*Vigna radiata* L.) beberapa varietas lokal Indonesia," *Agritech*, vol. 37, pp. 192-198, 2017.
- [13] S. Sudarmadji, Suhardi, and B. Haryono, *Analisa bahan makanan dan pertanian: Liberty Yogyakarta bekerja sama dengan Pusat Antar Universitas Pangan dan ...*, 1989.
- [14] S. Yahya, "Spektrofotometri UV-Vis," ed: Jakarta: Erlangga, 2013.
- [15] C. Rosyidah, "Uji dosis serbuk biji asam jawa (*Tamarindus indica*) sebagai Biokoagulan terhadap kualitas air ditinjau dari aspek fisik, kimia, dan bakteriologi," Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2008.
- [16] A. Mishra and M. Bajpai, "The flocculation performance of *Tamarindus mucilage* in relation to removal of vat and direct dyes," *Bioresource Technology*, vol. 97, pp. 1055-1059, 2006.
- [17] B. Bolto and J. Gregory, "Organic polyelectrolytes in water treatment," *Water research*, vol. 41, pp. 2301-2324, 2007.
- [18] S. Wang, C. Liu, and Q. Li, "Impact of polymer flocculants on coagulation-microfiltration of surface water," *Water research*, vol. 47, pp. 4538-4546, 2013.
- [19] Z. Daud, H. Awang, A. A. A. Latif, and N. Nasir, "Suspended Solid, Color, COD and Oil and Grease Penurunan Kadar COD from Biodiesel Wastewater by Coagulation and Flocculation Processes," *Procedia Social and Behaviour Science*, vol. 195, pp. 2407-2411, 2015.
- [20] M. S. Yusoff, H. A. Aziz, M. F. M. A. Zamri, A. Z. Abdullah, and N. E. A. Basri, "Floc behavior and removal mechanisms of cross-linked *Durio zibethinus* seed starch as a natural flocculant for landfill leachate coagulation-flocculation treatment," *Waste Management*, vol. 74, pp. 362-372, 2018.
- [21] R. Hogg, "Bridging flocculation by polymers," *KONA Powder and Particle Journal*, vol. 30, pp. 3-14, 2013.