

Karakterisasi Ekstrak Tapioka dan Tapioka Ionik sebagai Biokoagulan dalam Proses Pengolahan Air

Characterization of Tapioca Extract and Tapioca Ionic as Natural Coagulants for Water Treatment

EKA PRIHATINNINGTYAS¹ DAN AGUS JATNIKA EFFENDI²

¹Pusat Penelitian Limnologi – LIPI, Cibinong Science Center, Jl. Raya Bogor Km 46, Cibinong 16911

² Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung
ekap@limnologi.lipi.go.id

ABSTRACT

The ability of tapioca to act as natural coagulants (biocoagulants) was tested using artificial water. As turbidity was added as kaolin. This research aimed to determine the compounds and or groups that act as natural coagulant and to describe the mechanism of flocculation: extraction which yields tapioca extract and ion exchange which yields ionic tapioca. Coagulation process was performed at three different initial turbidities, i.e. 50 NTU (low turbidities), 150 NTU (middle turbidities) and 300 NTU (high initial turbidities). At the same condition (coagulant dose 20 ppmv, pH 5), ionic tapioca yield better turbidity removal compared tapioca extract i.e 11.2% at low initial turbidities; 2.4% at middle initial turbidities and 12.8% at high initial turbidities. FTIR analysis showed that tapioca extract and ionic tapioca contained of carboxyl, hydroxyl and amides groups which can act as active components on coagulation process. The presence of those groups caused positive and negative charges (amphoter). Coagulation process ran efficiently at pH 5 because the isoelectric point is obtained at that condition.

Keywords: *bio coagulants, coagulation, coagulant agents, ionic tapioca, tapioca extract,*

ABSTRAK

Kemampuan tepung tapioka sebagai koagulan alami (biokoagulan) telah diuji dengan menggunakan limbah artifisial dari kaolin. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan senyawa atau gugus yang berperan sebagai biokoagulan dan menjelaskan mekanisme flokulasi yang terjadi. Perlakuan awal tapioka sebelum digunakan sebagai koagulan adalah ekstraksi yang menghasilkan ekstrak tapioka dan pertukaran ion yang menghasilkan tapioka ionik. Proses koagulasi dilakukan pada 3 macam kekeruhan awal yaitu 50 NTU (kekeruhan rendah), 150 NTU (kekeruhan sedang) dan 300 NTU (kekeruhan tinggi). Pada kondisi operasi yang sama (dosis 20 ppmv dan pH 5), tapioka ionik memberikan efisiensi penurunan kekeruhan yang lebih tinggi, yaitu sebesar 11,0% pada kekeruhan awal 50 NTU; 2,4% pada kekeruhan awal 150 NTU dan 12,8% pada kekeruhan awal 300 NTU. Hasil analisa FTIR menunjukkan bahwa ekstrak tapioka dan tapioka ionik mempunyai gugus karboksil (-OH), gugus karboksil (-COOH) dan gugus amida (-CONH₂). Keberadaan ketiga gugus tersebut menyebabkan biokoagulan ini memiliki muatan positif dan negatif sekaligus (amfoter). Proses koagulasi berjalan dengan efisien pada pH 5 karena titik isoelektrik diperoleh pada pH tersebut.

Kata kunci : biokoagulan, koagulasi, agen koagulan, ekstrak tapioka, tapioka ionik

1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu elemen penting dalam kehidupan. Saat ini, belum semua masyarakat Indonesia mendapatkan akses air bersih yang layak. Di sisi lain, pertumbuhan penduduk yang tinggi juga membutuhkan solusi terkait air bersih. Jumlah penduduk perkotaan di Asia akan meningkat dua kali lipat sepanjang tahun 2000 – 2030⁽¹⁾. Saat ini kelangkaan air merupakan masalah yang cukup serius dan tidak

terbatas di daerah kering saja. Pertumbuhan jumlah penduduk, perubahan iklim, industrialisasi, agrikultur dan urbanisasi merupakan penyebab menurunnya kualitas air, sehingga air tidak bisa langsung dikonsumsi.

Oleh karena itu, saat ini sedang dikembangkan pemanfaatan bahan alami sebagai koagulan karena memiliki beberapa keuntungan antara lain bersifat *biodegradable*, lebih aman terhadap kesehatan manusia dan bebas racun⁽⁴⁾. Pengolahan air bersih dengan

menggunakan koagulan alami akan menghasilkan jumlah *sludge* lima kali lebih sedikit dibandingkan dengan koagulan kimia⁽⁶⁾. *Sludge* yang dihasilkan mengandung mineral, asam amino dan nutrisi lain yang berpotensi sebagai pupuk⁽⁷⁾.

Material koagulan alami dapat berbasis tanaman dan hewan, baik secara langsung maupun melalui proses *pretreatment* terlebih dahulu. Berbagai penelitian tentang penggunaan koagulan alami dalam pengolahan air bersih dan limbah cair telah banyak dilakukan. Penelitian dengan menggunakan *Moringa oleifera* telah dilakukan untuk mengolah air bersih⁽⁸⁾. efluen dari *secondary oxidation pond*⁽⁹⁾ dan limbah cair kota⁽¹⁰⁾. Pengujian koagulan dari tepung jagung, tepung beras dan tepung sagu telah dilakukan untuk mengolah limbah semi konduktor⁽¹¹⁾.

Indonesia juga memproduksi tepung tapioka dalam jumlah cukup besar. Tepung ini terbuat dari singkong atau ubi kayu. Pemanfaatan lahan pertanian untuk singkong (ubi kayu) menduduki posisi ketiga setelah padi dan jagung. Pada tahun 2005, lahan yang digunakan untuk menanam singkong sebesar 1,21 juta Ha dan terjadi kecenderungan perluasan lahan sebesar 1,26% setiap tahunnya⁽¹²⁾. Nilai ekspor tepung tapioka pada tahun tersebut sebesar 106.683 ton⁽¹³⁾.

Tepung tapioka mempunyai komposisi yang berbeda dengan singkong sebagai bahan bakunya. Secara umum, kandungan senyawa dalam tepung tapioka lebih tinggi daripada singkong (Tabel 1). Saat ini tepung tapioka dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan makanan. Industri pangan yang membutuhkan tepung tapioka misalnya *bakery*, kembang gula, MSG, karamel dan jeli. Tepung tapioka yang dimanfaatkan dalam industri ini berupa tepung tapioka dan tepung tapioka yang termodifikasi. Tepung tapioka yang teroksidasi digunakan pada industri kertas kualitas tinggi. Tepung tapioka termodifikasi dengan cara pemanasan dapat digunakan dalam pembuatan *gypsum wallboard* dan *sizing* tekstil.

Tabel 1. Komposisi singkong dan tepung tapioka⁽¹⁴⁾

Kandungan	Unit/100 gram	
	Singkong	Tepung tapioka
Kalori (kal)	146	363
Protein (gr)	1,2	1,1
Lemak (gr)	0,3	0,5
Karbohidrat (gr)	34,7	88,2
Air (g)	62,5	10 – 13

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan senyawa atau gugus yang berperan sebagai

biokoagulan dan menjelaskan mekanisme flokulasi yang terjadi.

2. BAHAN DAN METODE

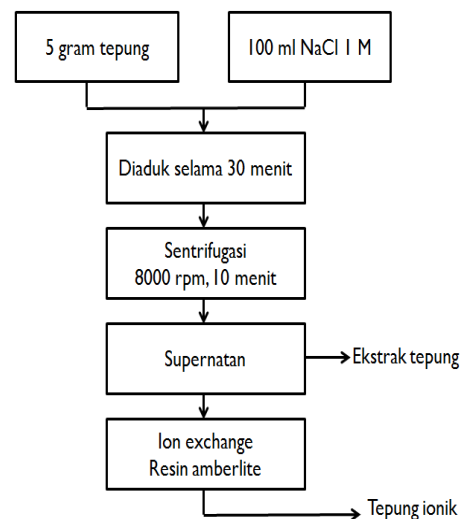
2.1 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tepung tapioka, kaolin, NaCl dan resin Amberlite.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah stirrer, kolom penukar ion, *centrifuge*, *jar test* dan alat FTIR (Shimadzu 8400 pada panjang gelombang 400-4000 cm⁻¹ dengan 16 scan speed).

2.2 Ekstraksi Komponen Aktif dari Tepung

Komponen aktif dari tapioka yang berperan dalam proses koagulasi dapat diperoleh dengan cara ekstraksi. Ekstrak tapioka diperoleh dengan cara melarutkan 5 gram tepung ke dalam 100 ml NaCl 1 M. Larutan NaCl dan tepung tapioka diaduk dengan menggunakan *stirrer* pada suhu ruang selama 30 menit^(15,16). Selanjutnya larutan dipisahkan dengan cara sentrifugasi⁽¹⁵⁾. Supernatan yang diperoleh dinamakan ekstrak tepung. Ekstrak tepung digunakan pada hari yang sama dengan waktu percobaan koagulasi atau bisa diawetkan dalam lemari pendingin. Proses pembuatan ekstrak tapioka dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pembuatan ekstrak tepung dan tepung ionik

2.3 Pembuatan Tapioka Ionik dan Jagung Ionik

Pembuatan tapioka ionik dilakukan dengan cara melewati ekstrak tapioka ke dalam kolom resin penukar anion Amberlite. Kecepatan alir dalam kolom resin sebesar 1 ml/menit⁽¹⁵⁾. Tapioka ionik yang dihasilkan berwarna bening.

Proses pembuatan tapioka ionik dari ekstrak tapioka dapat dilihat pada Gambar 1.

2.4. Karakterisasi Koagulan

Tujuan dari karakterisasi koagulan adalah mengetahui senyawa atau gugus fungsi yang berperan aktif dalam proses koagulasi. Proses karakterisasi dilakukan dengan menggunakan metode *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Dengan uji tersebut juga dapat dilihat penambahan ataupun pengurangan gugus fungsi akibat proses ekstraksi dan pertukaran ion. Selain itu juga dilakukan uji potensial zeta untuk mengetahui muatan koagulan.

Sampel yang bisa dianalisis dengan FTIR adalah sampel yang berbentuk serbuk. Oleh karena itu, ekstrak tapioka dan tapioka ionik dikeringkan dalam *waterbath* pada suhu 50°C. Penggunaan FTIR diawali dengan menggerus sampel bersama-sama dengan senyawa halida anorganik yang memiliki ikatan ionik sehingga tidak akan menyerap sinar inframerah karena tidak ada vibrasi molekul di dalamnya. Adapun contoh senyawa halida anorganik yang sering digunakan NaCl dan KBr. Pada penelitian ini yang digunakan adalah senyawa KBr. Koagulan dan senyawa dicampur hingga homogen kemudian dimasukkan ke dalam alat yang berfungsi untuk membuat *pellet*. Kemudian *pellet* tersebut dimasukkan ke dalam plat dan selanjutnya ditembak dengan sinar inframerah.

2.5 Pembuatan Larutan Induk Limbah

Limbah artifisial dibuat dengan cara melarutkan 1 gram kaolin dalam air kran kemudian diaduk selama 1 jam dengan menggunakan *stirrer*. Tujuan pengadukan adalah membuat larutan kaolin menjadi homogen.

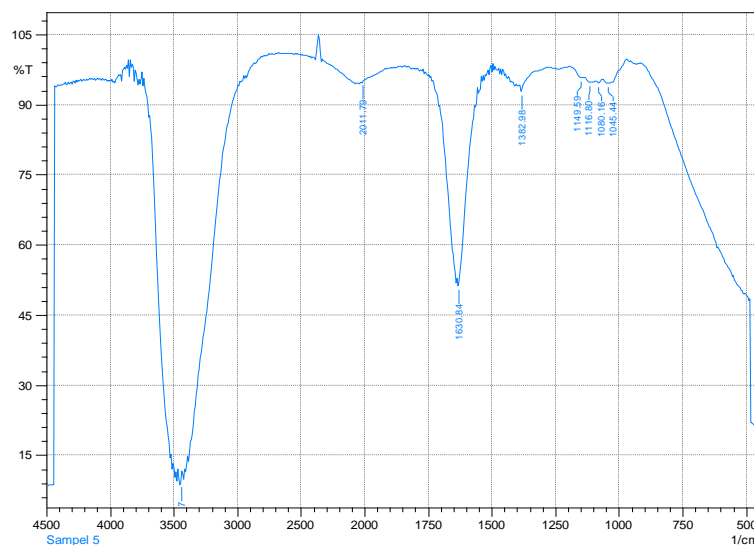
Tahap selanjutnya adalah mendiamkan larutan kaolin selama 24 jam untuk memastikan bahwa proses hidrasi partikel telah berlangsung dengan baik⁽¹⁷⁾. Larutan ini selanjutnya dinamakan larutan induk. Larutan induk memiliki kekeruhan sebesar 1000 NTU.

Larutan induk kemudian diencerkan dengan menggunakan air kran untuk mendapatkan kekeruhan yang diinginkan. Proses pengenceran dilakukan sesaat sebelum jartest koagulasi dilaksanakan. Variasi kekeruhan awal sebesar 50, 100 dan 300 NTU, masing-masing mewakili kekeruhan rendah, sedang dan tinggi.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Gugus Fungsi pada Ekstrak Tapioka dan Tapioka Ionik

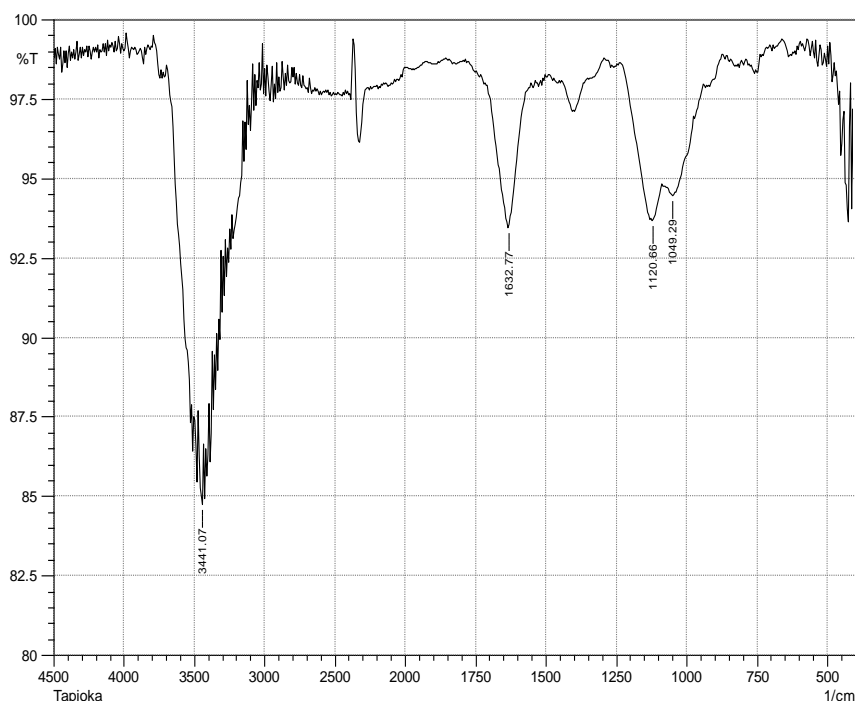
Hasil spektrum infra merah pada ekstrak tapioka seperti pada Gambar 2 dan Tabel 2 menunjukkan adanya serapan pada panjang gelombang 3441,07 cm⁻¹ yang menggambarkan keberadaan regangan vibrasi -OH. Pada daerah panjang gelombang 3400 – 3500 cm⁻¹ terdapat gugus N-H, namun puncaknya terlihat belum jelas. Pada puncak gelombang 1630,84 cm⁻¹ terdapat gugus regangan C=O, regangan C=C dan bending NH₂. Puncak serapan regangan C-O terlihat pada panjang gelombang 1149,59 cm⁻¹, 1116,80 cm⁻¹, 1080,16 cm⁻¹ dan 1045,44 cm⁻¹. Ikatan C-H bending terlihat pada panjang gelombang 1382,98 cm⁻¹. Residu NaCl dalam ekstrak tapioka masih bisa dilihat pada daerah serapan 1000 – 500 cm⁻¹. Berdasarkan hasil interpretasi infra merah dapat disimpulkan bahwa gugus yang ada dalam ekstrak tapioka hampir sama dengan tepung tapioka yaitu gugus karboksil, hidroksil dan amida.



Gambar 2. Hasil spektrum infra merah ekstrak tapioka

Tapioka ionik diperoleh dengan melewati setiap ekstraknya ke dalam kolom resin Amberlite. Sebelumnya dilakukan proses kesetimbangan dengan menggunakan larutan bufer fosfat 50 mM. Gambar 3 dan Tabel 2 menunjukkan adanya serapan regangan vibrasi -OH pada panjang gelombang 3441,07 cm⁻¹. Selain itu juga ditemukan adanya puncak regangan C=O, C=C dan bending NH₂ pada

serapan 1632,77 cm⁻¹. Pada panjang gelombang 1120,66 cm⁻¹ dan 1049,29 cm⁻¹ terdapat puncak serapan yang diindikasikan sebagai regangan -C-O- dan C-N. Berdasarkan hasil analisis spektrum infra merah dapat dilihat bahwa gugus yang ada pada ekstrak tapioka dan tapioka ionik adalah gugus karboksil (-COOH), hidroksil (-OH) dan amida (-CONH₂).



Gambar 3. Hasil spektrum infra merah tapioka ionik

Tabel 2. Serapan pita dan jenis vibrasi ekstrak tapioka dan tapioka ionik

Ekstrak Tapioka		Tapioka Ionik	
Panjang Gelombang (cm ⁻¹)	Jenis Vibrasi	Panjang Gelombang (cm ⁻¹)	Jenis Vibrasi
3441,07	Regangan -OH	3441,07	Regangan -OH
3400 - 3500	Gugus N-H	1632,77	Regangan C=O, regangan C=C, bending NH ₂
1630,84	Regangan C=O, regangan C=C, bending NH ₂	1120,66	Regangan C-O, C-N
1382,98	C-H bending	1049,29	Regangan C-O, C-N

Gugus karboksil, hidroksil dan amida merupakan gugus-gugus penyusun polimer organik. Polimer ini larut dalam air dan berperan sebagai koloid karena bersifat polielektrolit.

Gugus-gugus tersebut merupakan gugus-gugus penyusun protein. Protein merupakan salah satu jenis polimer alami.

Investigasi terhadap isolat protein dari tepung jagung dilakukan dengan melarutkan tepung jagung dalam 0,05 M NaOH hingga mencapai pH 8,7. Larutan tepung jagung kemudian diaduk selama 30 menit dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Larutan dipisahkan dengan cara sentrifugasi pada

kecepatan 550 rpm selama 15 menit. Supernatan yang diperoleh selanjutnya ditambah dengan 0,1 N HCl hingga diperoleh nilai pH 4,7. Hasil investigasi dengan menggunakan FTIR diperoleh bahwa isolat protein dari tepung jagung mengandung gugus -CONH₂ yang terlihat pada panjang gelombang 1647,1 cm⁻¹, gugus karboksil protein pada puncak gelombang 3400,27 cm⁻¹(18).

Keberadaan gugus karboksil menyebabkan biokoagulan bermuatan negatif, sedangkan gugus amida mengakibatkan biokoagulan bermuatan positif. Sehingga dapat dikatakan bahwa terdapat dua muatan yang berbeda dalam protein (amfoter) yang akan berperan sebagai

agen koagulasi. Sehingga dapat dikatakan bahwa yang berperan sebagai agen koagulan adalah polimer yang mempunyai muatan elektrolit (polielektrolit).

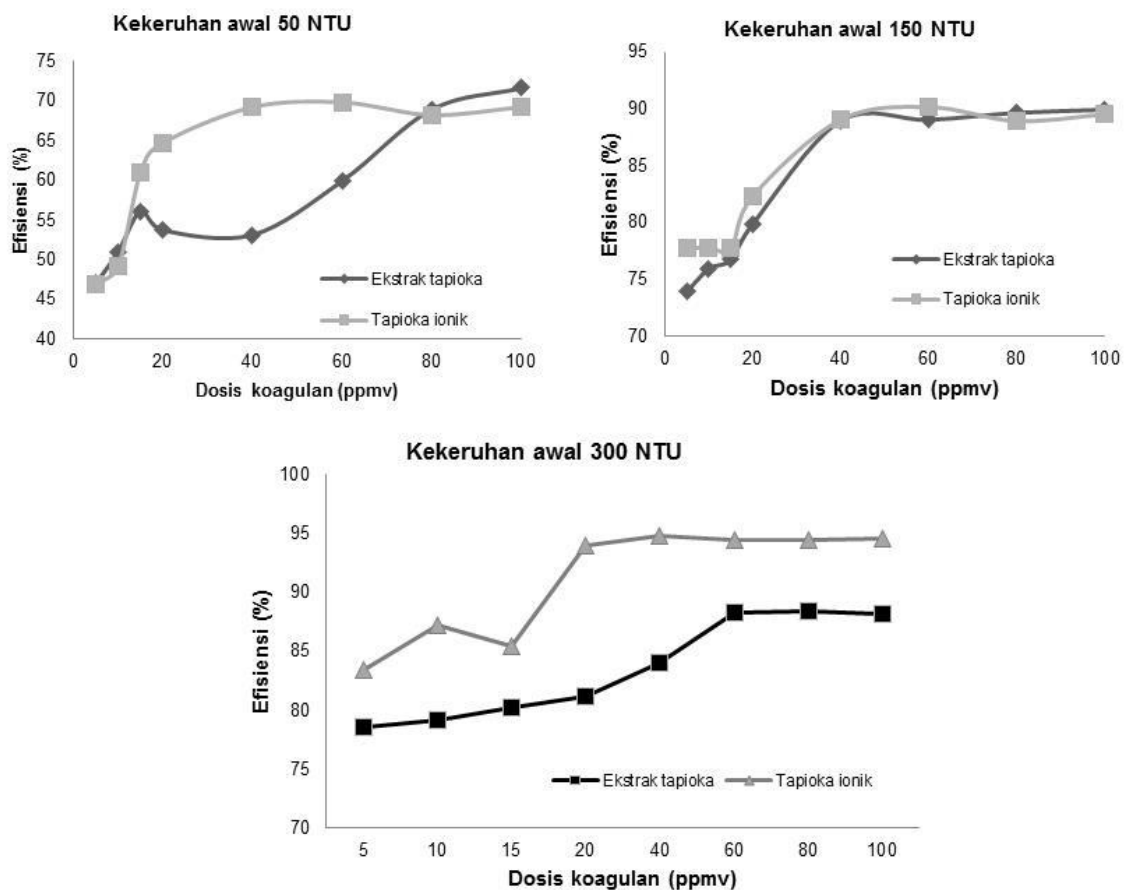
Komponen aktif dalam biokoagulan tidak mengandung protein, polisakarida maupun lemak⁽¹⁷⁾. Komponen aktif yang berperan penting dalam koagulasi adalah polielektrolit alami yang tersusun atas gugus amino, gugus hidroksida dan gugus karboksil⁽¹⁹⁾.

Agen aktif yang berperan sebagai koagulan adalah protein yang larut dalam air dan bermuatan positif⁽⁸⁾. Larutan tersebut mempunyai sifat seperti polielektrolit dan merupakan polimer yang dapat mengikat partikel koloid dan membentuk flok yang dapat mengendap. Mekanisme penurunan konsentrasi logam berat juga dimungkinkan karena adanya aktivitas asam amino koagulan alami yang mampu mengadsorpsi dan membentuk ikatan antar partikel air limbah dan koagulan alami sehingga terbentuk ikatan-ikatan stabil yang dapat mengendap.

Pada tahun 2010, telah dilakukan penelitian dengan menggunakan *Phaseolus vulgaris* (buncis) sebagai biokoagulan⁽¹⁵⁾. Hasil penelitian menunjukkan bahwa yang berperan dalam proses koagulasi adalah protein. Proses pelarutan suatu zat dalam larutan garam yang dilanjutkan dengan sentrifugasi merupakan salah satu metode ekstraksi protein.

3.2 Pengaruh Perlakuan Awal Biokoagulan terhadap Penurunan Kekeruhan

Biokoagulan yang digunakan berasal dari tepung tapioka yang mendapatkan perlakuan awal berbeda. Perlakuan pertama adalah ekstraksi sehingga diperoleh ekstrak tapioka. Sedangkan perlakuan selanjutnya adalah pertukaran ion yang menghasilkan tapioka ionik. Hasil koagulasi flokulasi berdasarkan aplikasi biokoagulan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4. Proses koagulasi flokulasi dilakukan pada pH 5.



Gambar 4. Pengaruh perlakuan awal biokoagulan terhadap efisiensi penurunan kekeruhan

Pada kondisi kekeruhan awal 50 NTU dan dosis biokoagulan 20 ppmv, ekstrak tapioka memberikan efisiensi penurunan kekeruhan sebesar 53,7% dan tapioka ionik sebesar 64,7%. Pada kondisi awal kekeruhan 150 NTU, ekstrak tapioka mampu menyisihkan kekeruhan sebanyak

79,9% dan tapioka ionik sebanyak 82,3%. Hal yang sama juga terjadi pada kekeruhan awal 300 NTU, ekstrak tapioka memberikan efisiensi penurunan kekeruhan sebesar 81,3% dan tapioka ionik sebesar 94,0%.

Secara garis besar, tapioka ionik memberikan efisiensi penurunan kekeruhan lebih besar dibanding ekstraknya yaitu sebesar 11,0% pada kekeruhan awal 50 NTU; 2,4% pada kekeruhan awal 150 NTU dan 12,8% pada kekeruhan awal 300 NTU.

Hasil penelitian serupa dengan menggunakan biokoagulan *Phaseolus vulgaris* (buncis) ionik akan memberikan aktivitas koagulasi 22 kali lebih tinggi daripada ekstrak *Phaseolus vulgaris*. Berbasis kekeruhan awal 35 NTU dan dosis koagulan sebesar 1 ml/l, aktivitas koagulasi dengan menggunakan *Phaseolus vulgaris* (buncis) ionik mencapai 72,3% sedangkan dengan ekstrak *Phaseolus vulgaris* (buncis) hanya memperoleh 30% saja⁽¹⁵⁾. Aktivitas koagulasi identik dengan efisiensi penurunan kekeruhan.

Kaolin sebagai sumber koloid mempunyai gaya elektrostatis yang berguna untuk menjaga dispersi koloid. Permukaan partikel koloid mendapatkan gaya elektrostatis karena ionisasi dari gugus pada permukaan atau adsorpsi ion dari larutan pendispersinya⁽²⁰⁾. Pada pH di atas 5, kaolin akan bermuatan negatif. Kondisi optimum untuk koagulasi tercapai pada pH 5 karena pada kondisi tersebut dekat dengan titik isoelektrik. Titik isoelektrik protein yang diekstrak dari *Phaseolus vulgaris* (buncis) adalah pada pH sekitar 4,5⁽¹⁷⁾. Pada pH di atas titik isoelektrik, gugus karboksil (-COOH) akan terionisasi menjadi (-COO⁻). Gugus -COO⁻ berperan sebagai *site adsorb* yang akan mengikat *reactive site* dari koloid. Gugus -COO⁻ akan membentuk sebuah "bridge" bagi koloid untuk teradsorpsi. Adsorpsi yang terjadi bersifat kimia (*chemisorption*) antara partikel koloid yang bermuatan dengan -COO⁻. Keberadaan gugus -OH sepanjang rantai polimer akan mempengaruhi probabilitas interaksi intramolekul yang dapat mengubah linearitas rantai⁽²¹⁾. Mekanisme yang terjadi pada koagulasi dengan menggunakan biokoagulan alami adalah netralisasi muatan dan pembentukan *interparticle bridging*^(20,21). Polimer organik mempunyai gugus

yang mudah terionisasi seperti karboksil, amino dan sulfonic. Gugus-gugus tersebut bereaksi dengan *reactive site* atau gugus yang berada pada permukaan koloid⁽²¹⁾. Beberapa koloid akan terikat pada molekul polimer tunggal dan membentuk struktur ikatan. Ikatan tersebut membentuk suatu jembatan kimia. Makin banyak ikatan yang terjadi maka makin banyak koloid yang bergabung. Penggabungan tersebut membentuk gumpalan atau flok yang dapat mengendap⁽⁸⁾.

3.3 Pengukuran Konduktivitas

Konduktivitas merupakan salah satu parameter penting dalam proses koagulasi. Konduktivitas atau daya hantar listrik adalah kemampuan air untuk menghantar arus listrik. Hal ini disebabkan karena adanya mineral yang terlarut dalam air yang terionisasi. Adanya ion-ion tersebut di dalam air berkemampuan untuk menghantarkan arus listrik. Semakin tinggi kemampuan menghantarkan arus listrik, berarti semakin banyak ion yang ada di dalam air. Sehingga tujuan dari pengukuran konduktivitas adalah untuk mengetahui banyak ion-ion yang terlarut dalam air atau banyaknya mineral yang terlarut. Pengukuran konduktivitas dilakukan sebelum dan sesudah proses koagulasi untuk mengetahui jumlah ion yang ada dalam suspensi. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1 yang dilakukan pada dosis 20 ppmv dan kekeruhan awal 300 NTU. Nilai konduktivitas untuk kaolin adalah sebesar 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai konduktivitas akan meningkat setelah proses koagulasi atau dengan kata lain penambahan koagulan akan meningkatkan nilai konduktivitas. Koagulan mengandung ion-ion yang mempengaruhi jenis muatannya. Sehingga penambahan koagulan akan meningkatkan jumlah ion di dalam koloid dan berakibat nilai konduktivitas meningkat.

Tabel 3. Hasil pengukuran konduktivitas sebelum dan sesudah koagulasi

Koagulan		Konduktivitas ($\mu\text{S}/\text{cm}$)				
		pH = 3	pH = 5	pH = 7	pH = 9	pH = 11
Ekstrak tapioka	sebelum	780	251	170	233	816
	sesudah	781,5	256	171,4	240	820
Tapioka ionik	sebelum	735	189,9	163,1	271	890
	sesudah	739	195,5	167,1	279	891
	sesudah	742	207	180,8	193,8	788

Nilai pH juga mempengaruhi besarnya konduktivitas. Pada kondisi yang sangat asam, jumlah ion H⁺ meningkat sehingga koanduktivitas juga bernilai tinggi. Pada kondisi sangat basa, keberadaan ion OH⁻ menjadi dominan yang berakibat pada meningkatnya nilai konduktivitas.

Ketika kondisi koloid netral, maka jumlah ion H⁺ dan OH⁻ berada dalam jumlah yang seimbang. Oleh karena itu pada kondisi ini, besarnya konduktivitas berada pada nilai yang paling rendah.

Nilai konduktivitas juga mempengaruhi ketebalan *double layer* dan erat hubungannya dengan potensial zeta. Ketebalan *double layer* sangat tergantung pada konsentrasi ion dalam larutan dan dapat dihitung dari kekuatan ion. Semakin besar kekuatan ion, semakin tinggi penekanan pada *double layer*. Valensi ion juga berdampak pada ketebalan *double layer*. Ion anorganik dapat berinteraksi dengan muatan pada permukaan koloid dengan dua cara yaitu adsorpsi non spesifik ion dan adsorpsi spesifik ion. Adsorpsi non spesifik ion terjadi bila tidak ada pengaruh pada titik isoelektrik.

4 KESIMPULAN

Tepung tapioka adalah salah satu alternatif biokoagulan yang murah dan mudah didapat. Proses ekstraksi tepung tapioka akan menghasilkan ekstrak tapioka, sedangkan proses pertukaran ion akan menghasilkan tapioka ionik. Hasil analisa dengan menggunakan FTIR dinyatakan bahwa terdapat 3 (tiga) buah gugus pada masing-masing ekstrak tapioka dan tapioka ionik. Ketiga gugus tersebut adalah gugus hidroksil (-OH), gugus karboksil (-COOH) dan gugus amida (-CONH₂). Keberadaan ketiga gugus tersebut menyebabkan biokoagulan ini memiliki muatan positif dan negatif sekaligus (amfoter). Titik isoelektrik diperoleh pada pH 5. Proses koagulasi dengan menggunakan tapioka ionik akan memberikan nilai efisiensi penurunan kekeruhan yang lebih tinggi daripada ekstrak tapioka. Tapioka ionik mempunyai serapan senyawa N yang lebih banyak daripada ekstrak tapioka. Adapun mekanisme koagulasi flokulasi yang terjadi dengan penggunaan biokoagulan adalah netralisasi dan pembentukan *interparticulate bridging*.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Lahariya, C. (2008). The State of the world population 2007: Unleashing the potential of urban growth. *Indian Pediatrics*. 45 : 481 – 482.
- Kawamura, S. (1990). *Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities*. Wiley, New York.
- Ozacar, M. & Sengil, I.A. (2003). Evaluation of tannin as a coagulant aid for coagulation of colloidal particles. *Colloid and Surfaces A. Physicochem. Eng. Aspects*. 229 : 85 – 96.
- Choy, S.Y., Prasad, K.M.N. & Wu, T.Y. (2014). Utilization of plant-based natural coagulants as future alternatives towards sustainable water clarification. *Journal of Environmental Sciences*. 26 : 2178 - 2189
- Gebbie, P. (2005). A dummy's guide to coagulants. Paper presented at 68th Annual Water Industry Engineers and Operators' Conference.
- Ndabigengesere, A., Narasiah, K.S. & Talbot, B.G. (1995). Active agent and mechanism of coagulation of turbid water using *Moringa oleifera*. *Water Res*. 29(2) : 703 – 710.
- Shak, K.P.Y. & Wu, T.Y. (2015). Optimized use of alum together with unmodified *Cassia obtusifolia* seed gum as a coagulant aid in treatment of palm oil mill effluent under natural pH of wastewater. *Industrial Crops and Products*. 76 : 1169 – 1178.
- Srawaili, N. (2008). "Efektivitas Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dalam Menurunkan Kekeruhan, Kadar Ion Besi dan Mangan dalam Air", (Magister Science Master Thesis), Institut Teknologi Bandung.
- Katayon, S., Noor, M.J.M.M., Tat, W.K., Halim, G.A., Thamer, A.M. & Badronisa, Y. (2007). Effect of natural coagulant application on microfiltration performance in treatment on secondary oxidation pond effluent. *Desalination*. 204 : 204 – 212.
- Bhuptawat, H., Folkard, G.K. & Chaudari, S. (2007). Innovative physico-chemical treatment of wastewater incorporating *Moringa oleifera* seed coagulant. *Journal of Hazardous Materials*. 142 : 477 – 482.
- Fatehah, (2007). "Semiconductor Wastewater Treatment with Natural Starch as Coagulant Using Responce Surface Methodology", (Magister Science Master Thesis), Univesiti Teknologi Malaysia.
- Zubachtirodin, Pabbage, M.S. dan Subandi. (2010). *Wilayah Produksi dan Potensi Pengembangan Jagung*. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros.
- Sani, S. (2008). *Kebijakan dan Strategi Pengembangan Ubi Kayu untuk Agroindustri*. Prospek, Strategi dan Teknologi Pengembangan Ubi Kayu untuk Agroindustri dan Ketahanan Pangan, hal. 28 – 36.
- Lingga, P. (1992). *Bertanam Ubi-Ubian*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Antov, M.G., Sciban, M.G. & Petrovic, N.J. (2010). Proteins from common bean (*Phaseolus vulgaris*) seed as a natural coagulant for potential application in water

- turbidity removal. *Bioresource Technology*. 101 : 2167-2172.
16. Heredia, J.B., Martin, J.S., Regalado, A.D. and Bustos, C.J. (2009). Removal of Alizarin 3R (Anthraquinonic Dye) from Aqueous Solutions by Natural Coagulants. *Journal of Hazardous Material*. Vol 170. Pp 43 – 50.
 17. Sciban, M., Klasnya, M., Antov, M. & Skrbic, B. (2009). Removal of water turbidity by natural coagulants obtained from chestnut and acorn. *Bioresource Technology*. 100 : 6639 – 6643.
 18. Widjanarko, S.B., Nugroho, A. & Estiasih, T. (2011). Functional interaction components of protein isolates and glucomannan in food bars by FTIR and SEM studies. *African Journal of Food Science*. 5(1) : 12 – 21.
 19. Okuda, T., Baes, A.U., Nishijima, W. & Okada, M. (2001). Isolation and characterization of coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed by salt solution. *Wat.Res.* 35(2) : 405 – 410.
 20. Reynolds, T.D., (1982), *Unit Operation and Processes in Environmental Engineering*, Wadsworth, Monterey California.
 21. Yin, C.Y. (2010). Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. *Process Biochemistry*. 45 : 1437 – 1444.