

## Pengolahan Air Sungai Kahayan Kalimantan Tengah Menggunakan Biji Hanjeli (*Coix lacryma-jobi* L) Sebagai Koagulan Alami

Syarpin\*, Bibit Harianto

Didaftarkan: [15 Oktober 2020] Direvisi: [22 Maret 2021] Terbit: [29 April 2021]

**ABSTRAK:** Sungai Kahayan memiliki arti penting bagi masyarakat sekitar dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. Ambang batas normal nilai kekeruhan air sungai adalah sebesar 50 NTU, sementara nilai kekeruhan air Sungai Kahayan saat ini telah mencapai 86,10-150 NTU. Metode untuk menurunkan tingkat kekeruhan air telah banyak dikembangkan, salah satunya adalah dengan metode koagulasi. Tumbuhan Hanjeli (*Coix lacryma jobi* L) adalah salah satu tanaman liar di Kalimantan Tengah. Tumbuhan Hanjeli sering dijumpai di pinggir-pinggir sawah, pekarangan rumah, di pinggir sungai, dan di pinggir jalan. Biji Hanjeli memiliki kandungan protein 12,26% , dan Karbohidrat 74,36%. Kandungan Protein pada biji Hanjeli dapat dipertimbangkan sebagai koagulan dalam proses penjernihan air Sungai Kahayan. Penambahan koagulan serbuk biji hanjeli kedalam air sungai Kahayan dapat mempengaruhi nilai kekeruhan dan sedikit pada pH air. Massa optimum koagulan yang diperlukan untuk menyisihkan kekeruhan air adalah sekitar 0,2 gr/L. Ukuran koagulan optimum untuk menyisihkan kekeruhan air adalah 80 mesh. Kondisi efektif untuk penyisihan turbiditas dan pH air yang paling baik adalah dengan massa koagulan biji hanjeli 0,2 gr/L dan ukuran partikel 80 mesh dengan penyisihan turbiditas sebesar (94%) dan penurunan pH sebesar (3,6%).

**Kata kunci:** Air Sungai Kahayan, Kekeruhan Air, Biji Hanjeli

### ■ PENDAHULUAN

Sungai Kahayan adalah sungai yang membelah kota Palangka Raya. Sungai Kahayan bermuara di tiga kabupaten/Kota antara Kota Palangka Raya, Kabupaten Gunung Mas dan Kabupaten Pulang Pisau, dan bermuara di Laut Jawa. Sungai Kahayan memiliki panjang lebih dari 600 km. Sungai Kahayan memiliki arti penting bagi masyarakat sekitar dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari, misalnya sebagai sumber air minum dan keperluan rumah tangga, seperti memasak, mencuci, dan mandi. Air Sungai Kahayan juga dimanfaatkan sebagai sumber air baku bagi PDAM Tirta Kahayan.

Martina, dkk (2018) air adalah sumber daya yang diperlukan oleh semua makhluk hidup dan tidak dapat digantikan oleh bahan yang lain [1]. Nilai kekeruhan air yang berada di Sungai Kahayan diketahui telah melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Ambang batas normal nilai kekeruhan air sungai adalah sebesar 50 NTU, sementara nilai kekeruhan air Sungai Kahayan saat ini telah mencapai 86,10-150 NTU. Hasil penelitian Herimariati (2011) menjelaskan bahwa penyebab tingginya nilai kekeruhan air sungai akibat erosi tanah karena penebangan liar, kegiatan perikanan dengan menggunakan keramba, penambangan emas yang menghasilkan buangan lumpur atau endapan, kegiatan industri, sarana transportasi dan oleh aktivitas masyarakat sekitar yang membuang limbah rumah tangga langsung ke badan air sungai [2]. Perlu dilakukan upaya untuk mengurangi tingkat kekeruhan air sungai sampai pada batas tertentu agar air sungai dapat digunakan kembali sesuai dengan fungsinya.

Metode untuk menurunkan tingkat kekeruhan air telah banyak dikembangkan, salah satunya adalah dengan metode koagulasi. Metode koagulasi adalah dicampurnya koagulan dengan pengadukan secara cepat guna mendestabilisasi koloid dan solid tersuspensi yang halus, dan massa inti partikel, kemudian membentuk jonjot mikro (mikro flok) [3]. Beberapa penelitian sudah menggunakan metode koagulasi untuk menjernihkan air [1],[4],[5].

Ghebremecheal, Kebreab (2009) mengklasifikasi koagulan menjadi dua yaitu koagulan organik dan koagulan anorganik [6]. Koagulan yang umum digunakan di kalangan masyarakat adalah koagulan anorganik seperti tawas ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) [7] dan  $\text{FeCl}_3$  [8], Poli Aluminium Klorida (PAC) [9]. Ozacari (2003) menyatakan bahwa koagulan jenis ini dapat memicu timbulnya penyakit Alzheimer [10]. Afiatun, dkk (2018) menyatakan bahwa penggunaan bahan kimia ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) sebagai penjernih air dapat mengakibatkan penyakit degeneratif dan dapat bersifat karsinogenik apabila terakumulasi di dalam tubuh secara terus menerus [11]. Perihal tersebut mengisyaratkan untuk dikembangkannya bahan alami (organik) sebagai koagulan karena memiliki beberapa keuntungan, antara lain bersifat biodegradable, lebih aman terhadap kesehatan manusia dan lebih ekonomis.

Koagulan organik (alami) yang telah banyak dilakukan penelitian terhadap perbaikan kualitas air adalah biji kelor (*Moringa oleifera*) [12]; biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) dan biji kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L) [4], buncis (*Phaseolus vulgaris*) [13]. Biji asam jawa dapat menurunkan turbiditas sebesar 99,72 % dengan dosis 0,009 % sedangkan ekstrak biji kecipir menurunkan turbiditas sebesar 92,03 % dengan dosis 0,03% [1]. Kulit kacang tanah dapat menurunkan nilai kekeruhan air sungai sampai dengan 75,72 % [14]. Pandia & Husin (2005) menyatakan penambahan koagulan biji kelor ke dalam air ternyata dapat mempengaruhi beberapa kandungan parameter air seperti kekeruhan, padatan tersuspensi total (TSS) dan sedikit pH air [15]. Dosis optimum koagulan adalah 0,4 – 0,5 gr/l, ukuran partikel 300 mesh dan waktu tinggal 4-6 jam dengan penyisihan turbiditas (71,8%), TDS (78,28%), TSS (72,13%) serta penurunan pH (7,63%). Biji kelor dan biji asam jawa dapat dipertimbangkan sebagai koagulan karena mengandung protein kationik. Tumbuhan Hanjeli (*Coix lacryma jobi* L) adalah salah satu tanaman liar di Kalimantan Tengah. Tumbuhan Hanjeli sering dijumpai di pinggir-pinggir sawah, pekarangan rumah, di pinggir sungai, dan di pinggir jalan. Tanaman berbiji monokotil ini dapat dimanfaatkan sebagai pakan, obat dan bahan baku industri kerajinan [16]. Pemanfaatan tanaman Hanjeli oleh masyarakat belum secara maksimal di Provinsi Kalimantan Tengah, sehingga eksplorasi terhadap tanaman tersebut perlu dilakukan demi meningkatkan pemanfaatan tanaman sebagaimana mestinya.

Biji Hanjeli memiliki kandungan protein 12,26%, dan Karbohidrat 74,36% [17]. Kandungan Protein pada biji Hanjeli dapat dipertimbangkan sebagai koagulan dalam proses penjernihan air Sungai Kahayan. Perihal tersebut dan untuk memperoleh koagulan yang cukup efisien ditinjau dari kelimpahan dan kemampuannya, maka pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses preparasi sampel, proses penjernihan, dan mengetahui pengaruh massa dan ukuran biji Hanjeli (*Coix lacryma-jobi* L) sebagai koagulan organik.

## KAJIAN LITERATUR

### Koagulan

Koagulasi adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk proses penjernihan air sungai. Metode ini didasarkan pada penambahan koagulan pada air baku yang menyebabkan terjadinya destabilisasi partikel koloid penyebab kekeruhan agar terjadi agregasi partikel yang telah terdestabilisasi. Dengan adanya penambahan koagulan, kestabilan koloid dapat dihancurkan dan partikel koloid yang terdestabilisasi dapat menggumpal dan membentuk

partikel dengan ukuran yang lebih besar sehingga dapat dihilangkan dengan proses pengendapan atau penyaringan. Terdapat empat mekanisme destabilisasi partikel, yaitu (i) pemampatan lapisan ganda, (ii) adsorpsi untuk netralisasi muatan, (iii) pengebakan partikel dengan koagulan, serta (iv) adsorpsi dan pembentukan jembatan antar partikel melalui penambahan polimer [18].

Efisiensi penurunan kekeruhan dalam proses penjernihan air sangat dipengaruhi oleh beberapa kondisi yang saling berkaitan. Kondisi-kondisi yang mempengaruhi antara lain pH, suhu, dosis/massa koagulan, waktu dan kecepatan pengadukan serta waktu pengendapan [18].

### Tanaman Hanjeli (*Coix lacryma-jobi* L)

Tanaman Hanjeli termasuk Divisio: *Spermatophyta*; Subdivisio: *Angiospermae*; Kelas: *Monocotyledoneae*; Ordo: *Poales*; Familia: *Poaceae*; Genus: *Coix*; Species: *Coix lacryma-jobi* L. Tanaman Hanjeli terbagi menjadi empat varietas yaitu hanjeli ketan, hanjeli batu, hanjeli batu-batu, dan hanjeli normal. Keempat hanjeli tersebut dapat dibedakan secara visual berdasarkan warna kulit arinya. Apabila kulit ari pada biji hanjeli tersebut dikelupas, maka terlihat warna biji yang putih. Di Indonesia dibedakan menjadi dua yaitu hanjeli batu dan hanjeli ketan. Hanjeli batu menghasilkan biji yang keras dan biasanya tumbuh liar, sedangkan hanjeli ketan dibudidayakan untuk diambil bijinya [19].



**Gambar 1.** Tanaman Hanjeli (*Coix lacryma-jobi* L)

**Tabel 1.** Kandungan kimia pada tanaman hanjeli

Komponen	Presentase (%)
Kadar air	11,46
Kadar lemak	1,28
Kadar Protein	12,26
Kadar Karbohidrat	74,36
Abu	0,65

Sumber: Nurmala, dkk. (2015)

Efektivitas koagulasi dengan menggunakan biomassa yang mengandung protein adalah pada kandungan protein kationiknya. Prinsip utama mekanisme koagulasinya adalah adsorpsi dan netralisasi tegangan protein tersebut [20]. Sutherland dkk (1990) juga menerangkan bahwa mekanisme yang paling mungkin terjadi dalam proses koagulasi adalah adsorpsi dan netralisasi tegangan atau adsorpsi dan ikatan antar partikel yang tidak stabil [21]. Dari kedua mekanisme tersebut, untuk menentukan mekanisme mana yang terjadi merupakan suatu hal yang sangat sukar karena kedua mekanisme tersebut mungkin terjadi secara simultan. Tetapi pada mekanisme yang menggunakan koagulan dari biji kelor adalah adsorpsi dan netralisasi tegangan.

Biji kelor dijadikan sebagai koagulan dikarenakan memiliki kandungan protein kationik, sehingga mekanisme yang mungkin terjadi pada proses koagulasi adalah adsorpsi dan netralisasi. Berdasarkan hal ini, dapat dipastikan bahwasannya biji hanjeli dapat dijadikan

koagulan organik karena memiliki kandungan protein yang mungkin bersifat kationik dan dapat menimbulkan tegangan pada saat proses penjernihan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Preparasi sampel biji Hanjeli (*Coix lacryma-jobi* L)

Biji Hanjeli di peroleh di Palangka Raya tepatnya dekat area kampus Universitas Palangka Raya. Pengambilan Biji Hanjeli di pilih yang sudah tua, secara fisik tampak terlihat warna biji berwarna hitam hingga putih dan cangkang biji tampak keras. Biji hanjeli yang di dapat kemudian di hancurkan untuk memisahkan cangkang dengan dagingnya. Proses penghancuran dilakukan dengan menggunakan batu dan palu. Setelah di dapatkan bagian dalam dari biji Hanjeli kemudian di keringkan di bawah panas matahari selama satu hari. Pengeringan dengan menggunakan cahaya matahari adalah salah satu proses pengeringan yang paling ekonomis dan mudah untuk dilakukan. Setelah dikeringkan, kemudian biji hanjeli di tumbuk dengan menggunakan alu dan mortar yang selanjutnya di ayak dengan menggunakan ukuran 40 mesh, 60 mesh, dan 80 mesh. Variasi ukuran partikel ini dimaksud untuk mengetahui ukuran optimum dari koagulan biji hanjeli yang digunakan.

### Karakterisasi air baku sungai Kahayan

Karakterisasi air sungai Kahayan ini dilakukan untuk mengetahui kondisi awal sebelum perlakuan dengan memberikan koagulan organik yaitu biji hanjeli ke dalam air sungai Kahayan. Tabel berikut menunjukkan kondisi awal air sungai Kahayan.

**Tabel 3.** Parameter air sungai Kahayan mula-mula.

Parameter	Ukuran
pH	5,5
Turbiditas	130 U

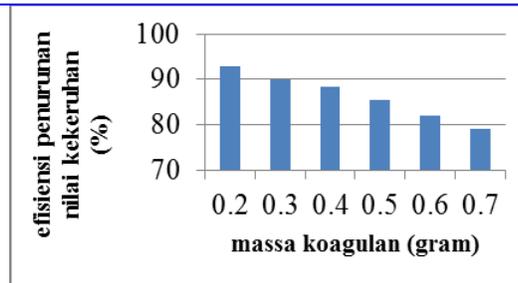
### Uji Efisiensi Koagulan

Uji efisiensi koagulan dilakukan pada biji hanjeli terhadap efisiensi penurunan nilai kekeruhan air sungai Kahayan, yang dilakukan dengan menggunakan sistem batch melalui 3 tahapan kajian studi, yaitu:

- Pengaruh Massa Koagulan terhadap Turbiditas Air Sungai Kahayan  
Adapun hasil kajian pengaruh massa koagulan terhadap efisiensi penurunan kekeruhan air sungai Kahayan disajikan pada Gambar 3.

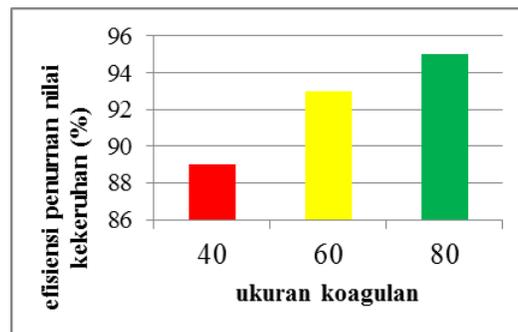
Gambar 3 menunjukkan bahwa % penurunan nilai kekeruhan cenderung turun dengan besarnya konsentrasi koagulan. Hal ini dapat terjadi karena konsentrasi koagulan yang ditambahkan pada air sungai Kahayan telah mengalami reaksi yang optimal. Yuliastri (2010) dalam penelitian juga mengalami hal yang sama yakni semakin besar massa koagulan ditambahkan dalam air baku maka % penurunan nilai kekeruhan cenderung turun [22]. Hal ini dikarenakan penambahan konsentrasi yang melebihi batas optimum, maka turbiditas kembali naik karena koloid telah dinetralkan semua dan mengendap

dengan konsentrasi koagulan optimum, sehingga apabila kelebihan massa koagulan maka akan mengakibatkan kekeruhan karena tidak berinteraksi dengan partikel koloid lain yang berbeda muatan.



**Gambar 3.** pengaruh massa koagulan terhadap efisiensi penurunan kekeruhan air sungai Kahayan

- Pengaruh Ukuran Koagulan terhadap Turbiditas Air Sungai Kahayan  
Adapun hasil kajian pengaruh ukuran koagulan terhadap efisiensi penurunan kekeruhan air sungai Kahayan disajikan pada Gambar 4 berikut.

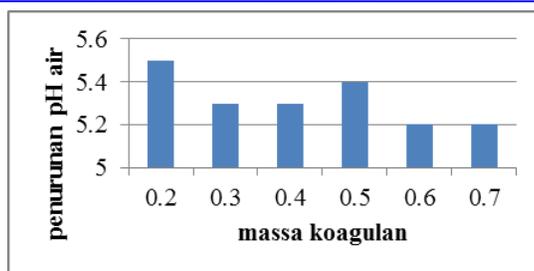


**Gambar 4.** Pengaruh ukuran koagulan terhadap efisiensi penurunan kekeruhan air sungai Kahayan setelah pengendapan 12 Jam

Gambar 4 menunjukkan bahwa % penurunan nilai kekeruhan air sungai Kahayan terendah adalah pada ukuran 40 mesh dan % penurunan nilai kekeruhan air sungai Kahayan tertinggi adalah pada ukuran 80 mesh. Hal ini disebabkan oleh semakin kecil ukuran koagulan, maka semakin besar luas permukaan koagulan yang mana hal ini sejalan dengan semakin besar pula kontak koagulan dengan partikel yang berbeda muatan. Menurut Istighfarini (2017) menyatakan bahwa semakin kecil ukuran diameter maka semakin besar luas permukaan, selain itu luas permukaan berbanding lurus dengan banyak pori yang di miliki per satuan partikel [23].

- Pengaruh Massa Koagulan terhadap pH Air Sungai Kahayan  
Salah satu parameter terpenting dalam menentukan kualitas adalah pH air tersebut. Kualitas air yang baik/netral berada di rentang pH 7, apabila air memiliki pH di atas pH 7 maka air tersebut dikatakan basa, tetapi apabila air memiliki pH di bawah pH 7 maka air tersebut dikatakan asam. pH awal pada air sungai Kahayan yaitu 5,5 maka pH air

sungai Kahayan termasuk air dengan pH asam. Air pada tanah gambut memang relatif memiliki keasaman (pH) yang relatif rendah. Hal ini dikarenakan rendahnya kandungan kation, dan adanya zat organik yang bersifat asam. Adapun hasil kajian pengaruh massa koagulan terhadap pH air sungai Kahayan disajikan pada Gambar 5 berikut.



**Gambar 2.** Pengaruh massa koagulan terhadap penurunan pH air sungai Kahayan

Gambar 5 menunjukkan bahwa penambahan koagulan biji hanjeli pada air hanya sedikit mempengaruhi pH air baku. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Pandia dan Husin (2005), dimana penambahan koagulan biji kelor hanya sedikit mempengaruhi pH air baku, penurunan pH air yang terjadi tidaklah terlalu signifikan [15]. Rata-rata penurunan pH pada penambahan koagulan ke dalam air hanya berkisar antara 7,63%. Dimana pada penelitian ini rata-rata penurunan pH air baku adalah 3,6 %.

## ■ KESIMPULAN

Penambahan koagulan biji hanjeli ke dalam air dapat mempengaruhi nilai kekeruhan air dan sedikit pada pH air. Massa optimum koagulan yang diperlukan untuk menyisihkan kekeruhan air adalah sekitar 0,2 gr/L. Ukuran koagulan optimum untuk menyisihkan kekeruhan air adalah 80 mesh. Kondisi efektif untuk penyisihan turbiditas dan pH air yang paling baik adalah dengan massa koagulan biji hanjeli 0,2 gr/L dan ukuran partikel 80 mesh dengan penyisihan turbiditas sebesar (94%) dan penurunan pH sebesar (3,6%).

## ■ PROSEDUR PENELITIAN

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di dua laboratorium yang ada di Universitas Palangka Raya. Laboratorium Pendidikan Kimia untuk proses preparasi sampel dan uji coba sampel. Laboratorium Peternakan untuk analisis tingkat kekeruhan air baku sebelum dan setelah dilakukan penjernihan. Penelitian ini berlangsung selama dua minggu terhitung dari bulan Februari – Maret 2020.

### Bahan dan Alat Penelitian

Bahan : Biji hanjeli dan air sungai Kahayan

Alat : pH meter, tisu, alu, mortar, erlenmeyer, corong, pengaduk, dan kertas saring, blender, ayakan 40, 60, 80 mesh, neraca analitik dan turbidimeter dengan satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Units*).

### Teknik Pengumpulan Data

Adapun teknik pengumpulan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.** Teknik Pengumpulan Data

No	Jenis Data	Teknik Pengumpulan Data	Pelaksanaan
1	Kandungan kimia biji hanjeli	Telaah jurnal terakreditasi	Februari 2020
2	Preparasi biji hanjeli	Observasi dan eksperimen	Februari 2020
3	Analisis Tingkat kekeruhan air (sebelum perlakuan)	Analisis laboratorium	Februari 2020
4	Analisis efisiensi proses penjernihan	Analisis laboratorium	Maret 2020
5	Analisis Tingkat kekeruhan, (setelah perlakuan)	Analisis laboratorium	Maret 2020

### Teknik Analisis Data

Teknik analisis data pada penelitian ini terbagi menjadi beberapa macam yakni;

- Analisis Tingkat kekeruhan Air

Tingkat kekeruhan air merupakan salah satu parameter penentu kualitas air bersih. Semakin tinggi tingkat kekeruhan air maka semakin kurang baik kualitas air tersebut, begitu pula sebaliknya semakin kecil tingkat kekeruhan air maka semakin baik kualitas air tersebut. Tingkat kekeruhan air sungai Kahayan akan dibandingkan sebelum dan sesudah perlakuan. Hasil pengukuran nilai kekeruhan dilakukan menggunakan instrumen turbidimeter dengan satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Units*), Penentuan persentase penurunan kekeruhan air sungai Kahayan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\% = \frac{[\text{Nilai Kekeruhan}]_{\text{awal}} - [\text{Nilai Kekeruhan}]_{\text{akhir}}}{[\text{Nilai Kekeruhan}]_{\text{awal}}} \times 100 \%$$

- Analisis pH

Analisis pH air dilakukan untuk mengetahui tingkat kualitas air, pengukuran pH air di deskripsikan dengan rentang 1-14. Dimana pada pH 1-6,9 air dikatakan asam, pH 7 air dikatakan netral, sedangkan pH 7,1 – 14 air dikatakan basa. Kualitas air yang baik/netral berada di rentang pH 7. Pengukuran pH air akan dilakukan pada sebelum dan sesudah perlakuan dengan menggunakan pH universal. Penentuan persentase penurunan pH air sungai Kahayan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\% = \frac{[\text{Nilai pH}]_{\text{awal}} - [\text{Nilai pH}]_{\text{akhir}}}{[\text{Nilai pH}]_{\text{awal}}} \times 100 \%$$

## DEKLARASI

Para Penulis tidak memiliki konflik dalam hal penulisan dan pendanaan.

## INFORMASI TENTANG PENULIS

Penulis Rujukan:

Syarpin,  
Bibit Harianto

Universitas Palangka Raya

email: syarpin@chem.upr.ac.id

## PUSTAKA

1. Martina. dkk. Aplikasi Koagulan Biji Asam Jawa dalam Penurunan Konsentrasi Zat Warna Drimaren Red pada Limbah Tekstil Sintetik pada Berbagai Variasi Operasi. Jurnal Rekayasa Proses Research article. **2018**. Vol. 12, No. 2, hlm.40-45.
2. Herimariaty. Upaya Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran Air Akibat Penambangan Emas di Sungai Kahayan. Mimbar Hukum, **2011**, Vol. 23, No. 3, Hal. 431-645.
3. Rahimah. dkk. Pengolahan Limbah Deterjen Dengan Metode koagulasi flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat. **2016**. Vol.5 No.2
4. Hendrawati. dkk. Penggunaan biji asam jawa (*Tamarindus Indica* L,) dan biji kecipir (*Psophocarpus etragonolobus* L,) sebagai koagulan alami dalam perbaikan kualitas air tanah. Prosiding Seminar FMIPA, **2013**. Universitas Lampung. ISSN : 1978 – 8193.
5. Hikmah, Mia Nurul & Anggoro. Pengaruh Pemberian Serbuk Simpilia Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan dalam Menjernihkan Air Sumur Gali dengan Metode Jar Test di Dusun Tegalrejo Desa Bawuran Kecamatan Pleret Kabupaten Bantul. Jurnal Cakra medika. **2019**. Vol 6. No. 1.
6. Ghebremecheael, Kebreab; Abaliwano & Amy. Combined natural organic and synthetic inorganic coagulants for surface water treatment. Journal of water supply: Research and technology-Aqua. **2009**. Vol. 58. No. 4. Page 267-276
7. Wijayanto, erdio maulana; farahdiba & Rosariawari. Penyisihan Total Suspended Solid (TSS) Air Sungai dengan Hidraulis Koagulasi Flokulasi. Jurnal envirotek. **2019**. Vol. 1 No.2.
8. Puspitasari, mega dan wahyono hadi. Efektifitas  $Al_2(SO_4)_3$  dan  $FeCl_3$  dalam pengolahan air menggunakan Gravel bed Flocculator ditinjau dari parameter kekeruhan dan total Coli. Jurnal teknik pomits. **2014**. Vol.3, No. 2. ISSN 2337-3539.
9. Widiyanti, setyo erna.. Optimization of the alumunium sulfate and PAC (poly alumunium chloride) coagulant on tello river water treatment. Journal Konversi. **2018**. Vol. 7 No.1.
10. Ozacari, M., and Sengil, I.A. Evaluation of Tannin as a Coagulant Aid for Coagulation of Colloidal Particles. Colloid and Surfaces A, Physicochem.Eng. Aspects. **2003**. Vol. 229. pp 85 – 96.
11. Afiatun, Evi; Sri wahyuni; & Faizal Hamdan. Perbandingan Komposisi Koagulan Biji Kelor (*Moringa oleifera*), Biji Asam Jawa (*Tamarindusindica* L) dan Aluminium Sulfat

- ( $Al_2(SO_4)_3$ ) untuk Menurunkan Kekeruhan Air Sungai Citarum Atas Ciparay Kabupaten Bandung. *Journal of community based environmental engineering and management*. **2018**. Vol. 2, No. 1. 21-30.
12. Parmar, Nitesh & J.K . Treatment of Pharmaceutical Waste Water by Coagulation Process Using Moringa Oleifera as a Natural Coagulant. *International Conference on Recent Advances in Interdisciplinary Trends in Engineering & Applications*. **2019**. SSRN-ELSEVIER (18-19).
  13. Antov, M.G., Sciban, M.G., and Petrovic, N.J. Proteins from Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) Seed as A Natural Coagulant for Potential Application in Water Turbidity Removal. *Bioresource Technology*. **2010**. Vol. 101, pp, 21672172.
  14. Rusmawati, S., Sadiana and Agnestisia, R. Pemanfaatan Kulit Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea* L.) sebagai Koagulan dalam Proses Penjernihan Air Sungai Kahayan. *Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia UNNES*. ISBN :978-602-14397-1-5 (2015).
  15. Pandia & Husin. Pengaruh Massa dan Ukuran Biji Kelor pada Proses Penjernihan Air. *Jurnal Teknologi Proses*. **2005**. 4(2) 26-33.
  16. Nurmala, T. *Serealia Sumber Karbohidrat Utama*. P.T Rineka Cipta Jakarta (2003)
  17. Nurmala, T., Warid Ali Qosim, Imas S. Setiasih, In-In hanidah. Adaptasi Enam Genotip Hanjeli Terseleksi pada Karakter Hasil dan Kualitas Tepung di Tiga Sentra Produksi Jawa Barat Untuk Mendukung Diversifikasi Pangan. *Penelitian STRANAS. Dikti* (**2015**).
  18. Sutherland, J.P. The application of moringa oleifera seeds as a coagulant for water treatment in developing countries. Tesis. University of Leicester (**2003**).
  19. Cahyani. Substitusi jagung (*zea mays*) dengan jail (*Coix lacryma-Jobi* L) pada pembuatan tortilla: kajian karakteristik kimia dan sesnsori. *Fakultas Pertanian UNS: Solo* (**2010**).
  20. Ndabigengesere, A., Narasiah, K.S. dan Talbot, B.G. Active Agnets and Mechanism of Coagulant of Turbit water using moringa oleifera. *Water research*, **1995**, 29(2): 701-710.
  21. Sutherland, J.P., Folkard, G.K. & Grant W.D. Natural Coagulants for appropriate water treatment: a Novel Approach, *J. Waterlines*. **1990**. 8(4) : 30-32.
  22. Yuliastri, Indra Rani. Penggunaan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Koagulan dan Floakulan dalam Perbaikan Kualitas Air Limbah dan Air Tanah. *Skripsi. UIN Syarif Hidayatullah: Jakarta* (**2010**).
  23. Istighfarini, dkk. Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Sabut Kelapa Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe pada Air Gambut. *Jom FTEKNIK*. **2017**. Vol, 4, No, 1.