

EFEKTIVITAS BIJI ASAM JAWA (*TAMARINDUS INDICA*) SEBAGAI KOAGULAN ORGANIK DALAM MEMPERBAIKI KUALITAS AIR PADA LIMBAH INDUSTRI KOMPONEN OTOMOTIF DI KAWASAN INDUSTRI PULOGADUNG JAKARTA

Lintannisa Rahmatia

Program Studi Analisis Kimia, Politeknik AKA Bogor
Jl. Pangeran Sogiri No.283, Tanah Baru, Bogor Utara, Kota Bogor, Jawa Barat 16154

Email: lintannisar@kemenperin.go.id

(Received : 1 Juni 2020; Accepted: 30 Juni 2020; Published: 1 Juli 2020)

Abstrak

Biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) mengandung tanin, minyak *essensial* dan polimer alami seperti pati dan albumin yang memiliki kemampuan adsorpsi untuk meningkatkan kualitas air pada air limbah. Penelitian ini bertujuan mengamati dan mempelajari efektivitas biji asam jawa sebagai koagulan organik yang ramah lingkungan untuk memperbaiki kualitas air limbah industri komponen otomotif. Penelitian ini menggunakan metode jar test dengan parameter uji pengukuran pH, *Total Suspended Solid* (TSS), kandungan zat organik dan kadar logam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah dengan proses koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan organik biji asam jawa telah memenuhi standar baku mutu limbah industri berdasarkan Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 69 Tahun 2013 tentang Baku mutu air limbah industri otomotif dan komponennya. Efisiensi penurunan kadar TSS, kadar zat organik dan kadar logam Cr⁶⁺, Zn, Ni, dan Fe diperoleh berturut-turut antara lain 96% kadar TSS, 67% kadar zat organik, 99% logam Cr⁶⁺, 99% kadar Zn, 99% kadar Ni dan 87% kadar Fe. Dosis larutan koagulan organik biji asam jawa optimum yang digunakan adalah 7500 mg/mL dengan kecepatan putaran proses koagulasi 100 rpm dan proses flokulasi 20 rpm.

Kata kunci : biji asam jawa; koagulan organik; limbah industry; kualitas air; koagulasi

Abstract

Tamarind seeds (Tamarindus Indica) contain tannins, essential oils and natural polymers such as starch and albumin which have the ability of adsorption to improve water quality in wastewater. This research aims to observe and study the effectiveness of tamarind seeds as an environmentally friendly organic coagulant to improve the quality of wastewater in the automotive component industry. This study uses a jar test method with pH measurement parameters, Total Suspended Solid (TSS), organic matter content and metal content. The results showed that the treatment of flocculation-coagulation processes using organic coagulant of tamarind seeds met the quality standards of industrial waste based on the Governor Regulation of DKI Jakarta Number 69 of 2013 concerning Quality standards of automotive industry wastewater and its components. Efficiency of decreasing TSS content, organic matter content and Cr⁶⁺, Zn, Ni, and Fe metal content were obtained, among others, 96% TSS content, 67% organic matter content, 99% Cr⁶⁺ + metal content, 99% Zn content content, 99% Ni content and 87% Fe content. The optimum dosage of organic coagulant seeds of tamarind seeds used is 7500 mg / mL with a rotational speed of 100 rpm coagulation process and 20 rpm flocculation process.

Keywords: *tamarind seeds; organic coagulants; industrial waste; water quality; coagulation*

PENDAHULUAN

Air adalah zat alami yang paling penting yang penting bagi semua makhluk hidup termasuk manusia. Badan air yaitu sungai, danau, dan lautan adalah bagian dari siklus hidrologi dan menjaga keseimbangan ekosistem (Bergamasco *et al.*, 2013). Cadangan air bersih berkurang dari hari ke hari karena peningkatan populasi manusia, jumlah

industri, dan urbanisasi (Benetti, 2008). Kebutuhan air tawar terus meningkat karena peningkatan populasi manusia dan juga karena pertumbuhan industri yang cepat. Oleh karena itu produksi air limbah juga meningkat dan ketersediaan air bersih semakin berkurang. Karena peningkatan pertumbuhan industri, konsentrasi berbagai polutan termasuk

logam berat terus meningkat dalam air yang berdampak buruk bagi ekosistem. Industri pelapisan logam, pertambangan, dan produksi baterai adalah sumber utama logam berat yang mempengaruhi lingkungan dan ekosistem (Asharuddin & Othman, 2013). Sebagian besar orang menggunakan air yang terkontaminasi yang tidak diolah di negara-negara berkembang dan karenanya menderita penyakit yang terbawa air seperti diare, hepatitis, dll (Latha *et al.*, 2011). Permintaan air bersih menarik perhatian para peneliti terhadap pengolahan air limbah.

Metode pengolahan air tergantung pada sumber dan sifat air limbah. Dalam air limbah berbagai jenis kotoran hadir dalam tahap terlarut dan tersuspensi, yang menghasilkan kekeruhan air limbah yang tinggi. Pengolahan air limbah semacam itu sangat rumit (Folkard *et al.*, 1999). Polutan seperti zat organik, gas, mineral, dan patogen seperti E-coli hadir dalam air limbah yang mengubah sifat fisikokimia air. Produk kompleks dihasilkan oleh reaksi kimia antara polutan (Sethupathy, 2015). Metode seperti presipitasi; pertukaran ion, *reverse osmosis* dan ekstraksi pelarut secara teratur digunakan dalam pengolahan air limbah (Azizul *et al.*, 2014). Dalam proses koagulasi / flokulasi beberapa bahan kimia digunakan sebagai koagulan primer, dan mereka menetralkan partikel koloid yang bermuatan. Koefisien daya tolak reduksi koagulan hadir di antara partikel-partikel koloid dan karenanya partikel-partikel bersentuhan satu sama lain dan membentuk gumpalan kecil (Cissouma *et al.*, 2013). Karena efek koagulan, partikel koloid mengumpulkan dan tumbuh menjadi gumpalan ukuran yang lebih besar dan diletakkan di bagian bawah, yang dapat dengan mudah dipisahkan dari air.

Namun, sensitivitas tinggi koagulan anorganik terhadap pH dan kemungkinan kontaminasi sekunder air minum dengan jejak flokulan polimer sintetik beracun atau ion besi dan aluminium residu merupakan kelemahan utama proses pengolahan air flokulasi/koagulasi (Bratskaya *et al.*, 2004). Selain itu, banyak peneliti seperti Schintu *et al.* (2000) dan Gauthier *et al.* (2000) telah menghubungkan penyakit Alzheimer dengan ion aluminium residu di perairan yang diolah. Selain itu, lumpur yang terbentuk di pabrik pengolahan air selama flokulasi dengan polimer sintetik memiliki potensi terbatas untuk didaur ulang karena tidak dapat terbiodegradasinya polimer sintesis (Pan *et al.*, 1999; Divakaran & Pillai, 2001). Meningkatnya permintaan untuk teknologi ramah lingkungan telah mengarahkan minat terhadap polielektrolit alami yang dapat menggantikan flokulan sintesis, dalam pengolahan air, industri makanan dan minuman, bioteknologi dan kedokteran (Bratskaya *et al.*, 2004). Flokulan alami, terutama polisakarida, dianggap ramah lingkungan dibandingkan dengan koagulan anorganik dan sintesis karena biodegradabilitasnya (Diaz *et al.*, 1999; Ghebremichael *et al.*, 2005). Penghapusan kekeruhan dari air limbah telah banyak dipelajari oleh para

peneliti seperti Rebhun *et al.* (1969), Ogedengbe (1975), Lee *et al.* (2008), Kadam *et al.* (2008), dan Lefebvre & Moletta (2006), tetapi penggunaan polimer yang larut dalam air untuk alasan ini, jarang dilaporkan.

Polisakarida turunan tanaman dapat digunakan sebagai alternatif berbiaya rendah untuk flokulan organik. Selain itu, mereka tersedia secara luas dari sumber daya terbarukan, stabil, hidrofilik dan *biodegradable* (Okuda *et al.*, 1999 & 2001). Baru-baru ini, penggunaan beberapa polimer alami untuk pengolahan berbagai jenis air limbah telah dilaporkan (Agarwal *et al.*, 2001 & 2003; Singh *et al.*, 2000; Krentz *et al.*, 2006; Khalil & Aly, 2001; Ghebremichael *et al.*, 2005). Secara khusus, spesies *Plantago psyllium*, *Tamarindus indica*, *Trigonella foenum-graecum*, *Moringa oleifera* dan *Hibiscus esculentus* telah menunjukkan hasil yang menjanjikan sehubungan dengan pengolahan air limbah. Polielektrolit alami menetralkan partikel bermuatan dan menyerap pada permukaan partikel yang tercemar (Bolto & Gregory, 2007). Polimer alami kationik memiliki efisiensi lebih untuk koagulasi. Bahan yang diperoleh secara alami seperti tanin yang mengandung gugus fenolik dalam strukturnya dapat diisolasi dari tanaman seperti kulit kayu *Accacia*, *Castanea*, atau *Schinopsis*. Kehadiran atom nitrogen tersier dan gugus asam karboksilat dalam struktur tanin membuatnya cocok untuk pengolahan air limbah (Mahmut & Sengil, 2002).

Asam jawa (*Tamarindus Indica*) mengandung bahan aktif berupa tanin, minyak esensial dan beberapa polimer alami seperti pati dan albuminoid yang sangat berpotensi sebagai koagulan organik yang alami (Rao, 2005). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari efektivitas dari biji asam jawa sebagai koagulan organik pada pengolahan air limbah dari industri komponen otomotif. Dari penelitian ini diharapkan diperoleh koagulan organik yang alami dan relatif murah sebagai koagulan alternatif yang bisa digunakan untuk meningkatkan kualitas air limbah yang dibuang pada badan air di kawasan industri pulogadung Jakarta.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) yang berasal dari Bogor. Sampel limbah industri komponen otomotif diambil dari Kawasan Industri Pulogadung Jakarta. Selain itu bahan kimia seperti kalium permanganat 0,01 N; asam sulfat 8 N; dan asam oksalat 0,01 N diperoleh dari *Merck*.

Alat - alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Flocculator SWL*, neraca analitik *Ohaus*, Spektrofotometer HACH DR2800, *Atomic Adsorption Spectrophotometer* Perkin Elmer, oven Memmert, *water bath* Memmert, dan pH meter Myron L ARH1 serta beberapa peralatan gelas lainnya.

Metode Penelitian

Persiapan Sampel

Sampel air limbah dimasukan sebanyak 200 mL ke dalam gelas piala 300 mL. Disiapkan kontrol, yaitu 200 mL sampel air limbah yang tidak ditambahkan koagulan tetapi tetap dilakukan jar test.

Pembuatan Larutan Koagulan dari Serbuk Biji Asam Jawa

Untuk membuat koagulan organik dari biji asam jawa, buah asam yang sudah matang dan berwarna coklat dan kering secara alami di pohonnya diambil, lalu bijinya dipisahkan dari daging buahnya. Biji dengan cangkangnya yang bersih lalu ditumbuk halus sampai menjadi serbuk dan kemudian diayak untuk mendapatkan partikel serbuk yang lebih halus. Setelah itu keringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 30 menit untuk menurunkan kadar air dalam biji asam jawa. Serbuk biji asam jawa kemudian ditimbang sesuai variasi konsentrasi larutan koagulan yang diinginkan, yaitu 10.000 mg/L, 7500 mg/L, 5000 mg/L, dan 2500 mg/L. Masing-masing dilarutkan dalam 500 mL aquades. Campuran serbuk biji asam jawa dan air diaduk untuk mendapatkan bahan aktif polielektrolit kationik. Endapan yang dihasilkan kemudian dipisahkan, dan larutannya kemudian akan dipakai sebagai koagulan organik. Larutan koagulan organik ini harus dibuat langsung setiap akan digunakan. Hal ini disebabkan larutan biji asam jawa merupakan bahan organik yang mudah membusuk.

Penentuan Dosis Optimum Koagulan Organik

Metode *jar test* pada prinsipnya yaitu mengendapkan bahan organik dan anorganik yang terdapat dalam limbah dengan penambahan koagulan. Air limbah yang akan dijernihkan diambil 300 mL, dimasukan ke dalam gelas piala kemudian diberi perlakuan dengan cara menambahkan larutan biji asam jawa sebanyak 3 tetes. Alat *jar test* dinyalakan selama 1 menit pada kecepatan 100 rpm dan kemudian 10 menit pada kecepatan 20 rpm, kemudian didiamkan sampai terjadi proses koagulasi dan flokulasi berlangsung sampai terjadi pengendapan, sehingga diperoleh air yang jernih. Air jernih yang dihasilkan tersebut lalu dilakukan pengujian kualitas air dengan mengacu pada peraturan Gubernur DKI Jakarta tentang No 69 tahun 2013.

Pengujian Kualitas Air

Pengujian kualitas air dilakukan pada sampel air limbah yang sudah melalui proses koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan organik. Pengujian kualitas air dilakukan dengan mengukur 4 parameter uji antara lain derajat keasaman (pH), Total Suspended Solid (TSS), kadar zat organik, dan kadar logam (Zn, Fe, Ni, dan Cr). Pengukuran pH dilakukan menggunakan pH meter digital dan pengukuran TSS dilakukan dengan menggunakan spektrofotometri

HACH DR 2800.

Sedangkan untuk penetapan kadar zat organik dilakukan dengan mengoksidasi sampel air limbah dengan KMnO_4 0,01 N kemudian sisa KMnO_4 direduksi dengan asam oksalat 0,01 N. Uji nilai bilangan permanganat dilakukan dengan mengambil 100 mL sampel air limbah, lalu tetesi dengan indikator KMnO_4 sampai berwarna merah muda, kemudian tambahkan 5 mL asam sulfat bebas organik dan dipanaskan pada suhu 105°C. Setelah itu larutan baku KMnO_4 ditambahkan sebanyak 10 mL, dipanaskan kembali sampai mendidih. Setelah ditambahkan larutan baku asam oksalat 0,01 N, lalu dititrasi dengan KMnO_4 sampai warna menjadi merah muda.

Konsentrasi ion logam berat pada sampel air limbah diukur menggunakan spektrofotometer serapan atom. Disiapkan 5 buah larutan unsur yang akan diuji dengan 5 macam konsentrasi (0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0) mg/L, dimana absorbansinya 0,020 - 1,00. Komposisi larutan kalibrasi harus menyamai larutan sampel yang akan diukur (kecuali keberadaan analitnya). Instrumen SSA disiapkan sesuai petunjuk operasionalnya, kemudian disediakan larutan pembanding untuk pengukuran larutan kalibrasi. Larutan kalibrasi diukur absorbansinya untuk menegmbalikan pada angka nol absorbansi setiap kali pengukuran. Nilai absorbansi rata-rata kemudian dihitung, dihitung pula konsentrasi analit dalam larutan blanko. Kemudian sampel air diatomisasikan pada SSA pada kondisi optimal. Berdasarkan kurva standar absorbansi berbanding konsentrasi unsur yang akan diuji, maka konsentrasi setiap unsur dapat ditentukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh penggunaan koagulan organik biji asam jawa terhadap perubahan pH

Derajat keasaman (pH) adalah salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi proses koagulasi. Bila proses koagulasi dilakukan tidak pada rentang pH yang optimum maka akan mengakibatkan gagalnya proses pembentukan flok dan rendahnya kualitas air yang dihasilkan. pH optimum untuk masing-masing koagulan berbeda-beda. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh nilai pH dari variasi konsentrasi biji asam jawa berkisar pada pH 6-8. Pada pH tersebut asam aminomengalami ionisasi menghasilkan ion karboksilat dan proton, muatan proton menarik elektron (koloid) membentuk kelompok netral lalu menghasilkan flok (Rebhun *et al.*,1969).

Kisaran nilai pH untuk air limbah yang disarankan menurut keputusan Gubernur DKI No 69 tahun 2013 adalah antara 6-9. Pengukuran yang dilakukan pada sampel memperoleh hasil pada kisaran 5,9-8,5 yang mana nilai pH ikut meningkat dengan penambahan dosis koagulan yang juga meningkat. Ini dapat menjelaskan dengan fakta bahwa larutan menjadi bersifat lebih netral

disebabkan biji asam jawa mengandung bahan aktif tanin. Tanin memiliki sifat mengikat ion-ion H⁺ di dalam air (Effendi, 2003). Tanin mampu menetralkan pH dan membentuk senyawa kompleks dengan protein dan ikatan hidrogen (Okuda *et al.*, 2001). Pada saat koagulasi pH yang cenderung ke arah netral dapat mempercepat penggabungan antara koagulan dengan zat-zat pencemar dalam limbah (Effendi, 2003). Secara umum semakin banyak koagulan yang digunakan maka kenaikan pH akan semakin tinggi.

Tabel 1. Variasi konsentrasi koagulan biji asam jawa terhadap pH

Konsentrasi koagulan biji asam jawa (mg/L)	pH
0	5,9
2500	6,6
5000	7,2
7500	7,8
10000	8,5
Syarat Keberterimaan	6-9

Pengaruh penggunaan koagulan biji asam jawa terhadap nilai TSS

Kadar TSS limbah cair industri komponen otomotif dilakukan variasi perlakuan pada rentang dosis koagulan 2500 mg/L limbah hingga 10000 mg/L limbah dan dengan kecepatan pengadukan cepat (koagulasi) 100 rpm dan pengadukan lambat (flokulasi) 20 rpm mengalami penurunan setelah dilakukan pengadukan dengan menggunakan biji asam jawa sebagai koagulan organik.

Pada tabel 2 dapat dilihat terjadi penurunan nilai TSS paling optimum dari kadar awal 1033 mg/L menjadi 43 mg/L pada penambahan koagulan biji asam jawa dosis 7500 mg/L. Setelah itu kadar TSS akan kembali meningkat dengan penambahan dosis berikutnya. Dosis koagulan biji asam jawa yang berlebih mengakibatkan penurunan kadar TSS pada air limbah menjadi jenuh. Dari keempat variasi yang dibubuhkan dengan koagulan biji asam jawa, diperoleh efisiensi penurunan kadar TSS terbesar terjadi pada dosis 7500 mg/L dengan 96%. Sedangkan efisiensi penurunan kadar terendah berada pada konsentrasi 2500 mg/L dengan 81%.

Tabel 2. Nilai TSS setelah penambahan koagulan biji asam jawa

Konsentrasi koagulan biji asam jawa (mg/L)	TSS (mg/L)	Efisiensi Penurunan Kadar (%)
0	1033	-
2500	196	81
5000	103	90
7500	43	96
10000	70	93
Syarat Keberterimaan	100	

Pengaruh penggunaan koagulan biji asam jawa terhadap kadar zat organik (bilangan permanganat)

Pada tabel 3 dapat diketahui telah terjadi penurunan bilangan permanganat dari kondisi awal sebesar 25,73 mg/L menjadi 8,43 mg/L pada dosis koagulan 7500 mg/L limbah. Nilai tersebut juga berhasil masuk syarat keberterimaan untuk parameter bilangan permanganat yang tidak boleh melampaui 15 mg/L.

Dari keempat variasi yang dibubuhkan dengan koagulan biji asam jawa, diperoleh efisiensi penurunan bilangan permanganat terbesar terjadi pada dosis 7500 mg/L dengan 67%. Sedangkan efisiensi penurunan kadar terendah berada pada konsentrasi 2500 mg/L dengan 41%.

Tabel 3. Bilangan permanganat setelah penambahan koagulan biji asam jawa

Konsentrasi koagulan biji asam jawa (mg/L)	Bilangan Permanganat (mg/L)	Efisiensi Penurunan Kadar (%)
0	25,73	-
2500	15,19	41
5000	12,30	52
7500	8,43	67
10000	10,70	58
Syarat Keberterimaan	15	

Dari ketiga parameter sebelumnya yaitu pH, kadar TSS dan kadar zat organik, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa dosis paling optimum dari keempat variasi konsentrasi adalah 7500 mg/L. Konsentrasi dosis optimum ini kemudian yang dipakai untuk menetapkan kadar logam pada air limbah industri komponen otomotif.

Pengaruh penggunaan koagulan biji asam jawa pada penurunan kadar logam

Penambahan koagulan organik biji asam jawa dapat menurunkan kadar logam Cr⁶⁺, Fe, Ni dan Zn secara signifikan. Hal ini disebabkan penambahan koagulan akan membantu terbentuknya flok yang membuat logam-logam tersebut ikut masuk atau bergabung dalam flok. Pengolahan air limbah secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap, termasuk diantaranya logam berat. Dengan penambahan koagulan organik, penyisihan bahan-bahan tersebut pada prinsipnya berlangsung melalui perubahan sifat yaitu dari tak dapat diendapkan menjadi mudah diendapkan, baik dengan atau tanpa reaksi oksidasi-reduksi. Hasil penurunan kadar logam dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Efisiensi penurunan kadar logam setelah penambahan koagulan biji asam jawa

Logam yang diukur	Kadar sebelum penambahan koagulan biji asam jawa (ppm)	Kadar setelah penambahan koagulan biji asam jawa (ppm)	Efisiensi penurunan kadar logam (%)
Zn	4,30	0,04	99%
Ni	2,40	0,02	99%
Fe	6,00	0,80	83%
Cr ⁶⁺	2,80	0,01	98%

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan efektivitas koagulan biji asam jawa pada peningkatan kualitas air limbah industri komponen otomotif di kawasan industri pulo gadung Jakarta mengalami hasil yang signifikan. Hal ini ditandai dengan kesesuaian kadar dari 4 parameter uji (pH, TSS, kadar zat organik dan kadar logam) dengan syarat keberterimaan yang diacu, yaitu keputusan gubernur DKI Jakarta No 69 tahun 2013. Konsentrasi untuk dosis optimum yang dianjurkan untuk pemakaian koagulan organik biji asam jawa adalah 7500 mg/L.

DAFTAR PUSTAKA

Agarwal, M., Rajani, S., Mishra, A., Rai, J.S.P. (2003). *Utilization Of Okra Gum For Treatment Of Tannery Effluent*. Int. J. Polym. Mater. 52, 1049–1057.

Agarwal, M., Srinivasan, R., Mishra, A. (2001). *Study On Flocculation Efficiency Of Okra Gum In Sewage Wastewater*. Macromol. Mater. Eng. 286, 560–563.

Asharuddin, S.M., Othman, N. (2013). Adv. Mater. Res. 795, 266–271.

Azizul, R., Mohd Suhaimi, M.F., Othman, N. (2014). Appl. Mech. Mater. 465, 906–910.

Benetti, A.D., Sanit. Environ. Eng. 13 (3) (2008) 247–248.

Bergamasco, R., Lenz, G.F., Theodora, J.D.P., Zara, R.F. (2013). Plastic Polym. Technol. 2, 55–62.

Bolto, B., Gregory, J. (2007). Water. Res. 41 (11), 2301–2324.

Bratskaya, S., Schwartz, S., Chervonetsky, D. (2004). *Comparative Study Of Humic Acids Flocculation With Chitosan Hydrochloride And Chitosan Glutamate*. Water Res. 38, 2955–2961.

Cissouma, A.I., Nikoo, M., Tounkara, F., Xu, X., Yang, N. (2013). Adv. J. Food Sci. Technol. 5 (11) 1483–1489.

Diaz, A., Rincon, N., Escorihuela, A., Fernandez, N., Chacin, E., Forster, C.F. (1999). *A Preliminary Evaluation Of Turbidity Removal By Natural Coagulants Indigenous To Venezuela*. Process Biochem. 35 391–395.

Divakaran, R., Pillai, N.N.S. (2001). *Flocculation Of Kaolinite Suspension In Water By Chitosan*. Water Resour. 35, 3904–3908.

Effendi, Hefni. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta

Folkard, M.A., Mcconnachie, G.L., Mtawali, M.A., Sutherland, J.P. (1999). Water. Res. 33, 1425–1434.

Gauthier, E., Fortier, I., Courchense, F., Pepin, P., Mortimer, J., Gauvreau, D. (2000). *Aluminium Forms In Drinking Water And Risk Of Alzheimer's Disease*. Environ. Res. Section A 84, 234–246.

Ghebremichael, K.A., Gunaratna, K.R., Henriksson, H., Brumer, H., Dalhammar, G. (2005). *A Simple Purification And Activity Assay Of The Coagulant Protein From Moringa Oleifera Seed*. Water Res. 39, 2338–2344.

Kadam, A., Oza, G., Nemade, P., Dutta, S., Shankar, H. (2008). *Municipal Wastewater Treatment Using Novel Constructed Soil Filter System*. Chemosphere 71 (5) 975–981.

Khalil, M.I., Aly, A.A. (2001). *Preparation And Evaluation Of Some Cationic Starch Derivatives As Flocculants*. Starch 53, 84–89.

Krentz, D.-O., Lohmann, C., Schwarz, S., Bratskaya, S., Liebert, T., Laube, J., Heinze, T., Kulicke, W.-M. (2006). *Properties And Flocculation Efficiency of Highly Cationized Starch Derivatives*. Starch 58, 161–169.

Latha, R., Santosh, J., Sowmeyan, R. (2011). Int. Res. J. Biochem. Bioinform. 1, 297–303.

Lee, B.H., Song, W.C., Manna, B., Ha, J.K. (2008). *Dissolved Ozone Flotation (Dof): A Promising Technology In Municipal Wastewater Treatment*. Desalination, 225 (1–3) 260–273.

Lefebvre, O., Moletta, R. (2006). *Treatment Of Organic Pollution In Industrial Saline Wastewater: A Literature Review*. Water Res. 40 (20), 3671–3682.

Mahmut, O., Sengil, I.A. (2002). Turkish J. Eng. Environ. Sci. 26 (3), 255–264.

Ogedengbe, O. (1975). *The Performance Potential Of Polyelectrolytes And High Velocity Gradients In The Treatment Of Wastewaters*, Water Res. 10, 343–349.

Okuda, T., Baes, A.U., Nishijima, W., Okada, M. (1999). *Improvement Of Extraction Method Of Coagulation Active Components From Moringa Oleifera Seed*. Water Res. 33 (15), 3373–3378.

Okuda, T., Baes, A.U., Nishijima, W., Okada, M. (2001). *Isolation And Characterization Of Coagulant Extracted From Moringa Oleifera Seed By Salt Solution*. Water Res. 35 (2), 405–410.

Pan, R.J., Huang, C., Chen, S., Chung, Y.C. (1999). *Evaluation Of A Modified Chitosan Biopolymer For Coagulation Of Colloidal*

- Particles. Colloids Surf., A Physicochem. Eng. Asp.* 147, 359–364.
- Rao, N. (2005). *Use Of Plant Material As Natural Coagulant For Treatment Of Wastewater*
- Rebhun, M., Narkis, N., Wachs, A.M. (1969). *Effect Of Polyelectrolytes In Conjunction With Bentonitic Clay On Contaminants Removal From Secondary Effluents*. *Water Res.* 3, 345–355.
- Schintu, M., Meloni, P., Contu, A. (2000). *Aluminum Fractions In Drinking Water From Reservoirs, Ecotoxicol. Environ. Saf.* 46, 29–33.
- Sethupathy, A. (2015). *Int. J. Adv. Res.* 3, 515–518.
- Singh, R.P., Karmakar, G.P., Rath, S.K., Karmakar, N.C., Pandey, S.R., Tripathy, T., Panda, J., Wan, K., Jain, S.K., Lan, N.T. (2000). *Biodegradable Drag Reducing Agents And Flocculants Based On Polysaccharides: Materials And Applications*. *Polym. Eng. Sci.* 40 (1), 46–60.