

DESAIN BIOFLOKULAN GELATIN TULANG IKAN LELE (*CLARIAS BATRACHUS*) UNTUK PENJERNIHAN AIR

DESIGN OF BIOFLOCCULANT FROM CATFISH (*CLARIAS BATRACHUS*) BONE GELATIN FOR WATER PURIFICATION

Muhammad Algodri^{*}, Muhammad Romli, dan Suprihatin

Program Studi Teknik Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor,
Kampus IPB Darmaga, Bogor, Indonesia

*Email: malgodri361@gmail.com

Makalah: Diterima 04 Desember 2021; Diperbaiki 10 Juli 2022; Disetujui 03 Agustus 2022

ABSTRACT

Coagulation-flocculation wastewater treatment is widely used because the process is simple to facilitate the sedimentation process. The coagulation-flocculation process aims to alter very small colloidal particles (smaller than 10^{-3}) into larger particles using synthetic or natural materials. The synthetic material is preferred because it does not need to adjust the pH of the media; only small quantities required (from 1-5 ppm), the floc formed is larger, stronger, and has better settling properties. However, it has many shortcomings, including non-biodegradable, neurotoxic, and carcinogenic properties. Gelatin can be used as an alternative bioflocculant because it has a dual function in the coagulation and flocculation processes. The gelatin production is obtained by utilizing the bone waste of catfish (*Clarias batrachus*) using the acid method. This study aimed to design gelatin flocculant from catfish bone waste by specifying the intended characteristics such as pH, molecular weight (Mv), non-toxic, and insoluble in neutral pH and determining the effectiveness in purifying water. The method covered the production of gelatin using the acid method, determining the properties of gelatin flocculants, performing test of the effectiveness for water purification using the jar test, and calculate the cost. The results showed that gelatin flocculant met the criteria for flocculants with a pH of 5.2, Mv value of 302.648 g/mol, and non-toxic insoluble in neutral pH. The jar test results showed that the administration of a gelatin flocculant dose of 40 mg/L at pH 5.5 was able to reduce the turbidity of the artificial waste from 100 NTU to 28 NTU with a turbidity removal value of 72% with estimated cost of treatment of Rp 4,000 /m³.

Keywords: catfish bone waste, flocculation, gelatin flocculant, jar test, molecular weight

ABSTRAK

Pengolahan air limbah koagulasi-flokulasi banyak digunakan karena prosesnya yang sederhana sehingga memudahkan proses sedimentasi. Proses koagulasi-flokulasi bertujuan untuk mengubah partikel koloid yang sangat kecil (lebih kecil dari 10^{-3}) menjadi partikel yang lebih besar dengan menggunakan bahan sintesis atau alami. Bahan sintesis lebih disukai karena tidak perlu mengatur pH media; hanya dibutuhkan dalam jumlah kecil (dari 1 – 5 ppm), flok yang terbentuk lebih besar, lebih kuat, dan memiliki sifat pengendapan yang lebih baik. Namun, ia memiliki banyak kekurangan, termasuk sifat non-biodegradable, neurotoksik, dan karsinogenik. Gelatin dapat digunakan sebagai bioflokulan alternatif karena memiliki fungsi ganda dalam proses koagulasi dan flokulasi. Pembuatan gelatin diperoleh dengan memanfaatkan limbah tulang ikan lele (*Clarias batrachus*) dengan metode asam. Penelitian ini bertujuan untuk merancang flokulan gelatin dari limbah tulang ikan lele dengan menentukan karakteristik yang diinginkan seperti pH, berat molekul (Mv), tidak beracun, dan tidak larut dalam pH netral serta menentukan efektivitas dalam penjernihan air. Metode yang dilakukan meliputi pembuatan gelatin dengan metode asam, penentuan sifat-sifat flokulan gelatin, pengujian efektivitas penjernihan air dengan metode jar test, dan perhitungan biaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa flokulan gelatin memenuhi kriteria flokulan dengan pH 5,2, nilai Mv 302,648 g/mol, tidak toksik tidak larut pada pH netral. Hasil jar test menunjukkan bahwa pemberian flokulan gelatin dosis 40 mg/L pada pH 5,5 mampu menurunkan kekeruhan limbah buatan dari 100 NTU menjadi 28 NTU dengan nilai penyisihan kekeruhan 72% dengan estimasi biaya pengolahan sebesar Rp 4.000 /m³.

Kata kunci: berat molekul, flokulasi, flokulan gelatin, jar test, limbah tulang ikan lele

PENDAHULUAN

Air baku pada umumnya mengandung partikel tersuspensi berupa partikel bebas dan koloid dengan

ukuran yang sangat kecil. Pengolahan air limbah secara koagulasi-flokulasi dipilih karena prosesnya lebih mudah dan sederhana serta mempermudah proses sedimentasi. Koagulasi adalah proses

penyerapan oleh koagulan terhadap partikel-partikel koloid sehingga menyebabkan destabilisasi partikel. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi bermuatan negatif partikel di dalam suspensi. Bahan yang sering dipakai seperti garam aluminium, Al (III) atau garam besi (II) (Mayasari dan Hastarina, 2018). Sifat dan syarat penting koagulan adalah tidak toksik dan terpresipitasi dari larutan (Davis dan Cornwell, 2008). Flokulasi merupakan proses membentuk agregat atau flok dari partikel halus terdispersi dengan adanya flokulan polimer alami atau sintesis. Kemampuan aktivitas flokulan dalam proses penjernihan air dipengaruhi oleh berat molekul flokulan dan nilai efisiensi flokulasi polimer meningkat seiring dengan meningkatnya berat molekul (Kawaguchi dan Shimpei, 2014). Adapun jenis flokulan yaitu sintetik anorganik (aluminium, feri sulfat, dan feri klorida), flokulan sintetik organik (poliakrilamid, polivinilpirimidin, dan polietilenimin), dan bioflokulan.

Penggunaan koagulan dan flokulan sintetik diketahui menimbulkan masalah lingkungan dan kesehatan. Misalnya, masalah utamanya adalah produksi dalam jumlah besar lumpur beracun, biodegradabilitas rendah, pencemaran air yang dapat mengancam kesehatan manusia, misal garam aluminium terhubung ke penyakit Alzheimer, dan dispersi akrilamida oligomer, berbahaya bagi kesehatan karena monomer akrilamida penyebab karsinogenik dan neurotoksik untuk manusia (Salehizadeh *et al.*, 2018). Gelatin adalah produk alami dengan komponen utama protein yang diperoleh melalui proses hidrolisis kolagen dari kulit, jaringan ikat putih, dan tulang hewan; menggunakan asam, basa, atau enzim (GMIA, 2012). Nazarzadeh *et al.* (2017) menyatakan gelatin adalah poliamfolit yang artinya mampu mengembangkan interaksi kationik, anionik dan hidrofobik. Hal ini memungkinkan molekul gelatin untuk berasosiasi dengan antarmuka kedua elektrostatis dan hidrofobik. Pada konsentrasi polimer rendah, interaksi elektrostatis mendorong adsorpsi molekul gelatin pada permukaan tanah liat. Dilihat berdasarkan Berat Molekul (BM), gelatin memiliki BM mencapai 90.000 gr/mol sedangkan pada gelatin komersial berkisar antara 20.000-70.000 gr/mol. Oleh karena itu, gelatin dapat digunakan untuk flokulasi langsung karena memiliki fungsi ganda koagulasi dan flokulasi, yaitu, menetralkan partikel negatif dan menjembatani agregat partikel koloid. Piazza and Garcia (2010a) melaporkan pada pengujian sedimentasi, penambahan buffer pH 5,5 menjadikan ekstrak protein daging dan tepung tulang babi sebagai flokulan tanah liat yang efektif dengan atau tanpa kombinasi kalsium klorida.

Gelatin dapat diperoleh dengan memanfaatkan limbah dari pengolahan ikan lele (*Clarias batrachus*). Tulang ikan dapat menjadi sumber gelatin karena mengandung kolagen sekitar 18,6% dari 19,86%

unsur organik protein kompleks yang merupakan bahan awal pembuatan gelatin. Tulang ikan lele terdapat kolagen yang perlu dilakukan isolasi menggunakan metode tertentu sehingga dapat dikonversi menjadi gelatin. Said *et al.* (2011) melaporkan bahwa penggunaan metode asam lebih baik dari metode basa karena metode asam hanya memerlukan waktu perendaman yang relatif singkat sekitar 3 - 4 minggu untuk dapat memutus ikatan hidrogen pada struktur kolagen dibandingkan metode basa yang membutuhkan waktu 3 bulan. Asam yang biasa digunakan dalam proses demineralisasi adalah asam klorida dengan konsentrasi 4 -7% Penelitian mengenai pembuatan gelatin dengan metode asam dari tulang ikan telah banyak dilakukan, beberapa diantaranya; Yuliani dan Marwati (2015) melakukan ekstraksi dan karakterisasi gelatin tulang ikan tenggiri menggunakan HCl, menghasilkan nilai rendemen sebesar 7,70%; Lestari dan Fatimah (2021) mengolah tulang ikan nila merah sebagai gelatin menggunakan HCl menghasilkan rendemen 1,56 – 3,13%; Permata *et al.* (2016) membuat gelatin dari tulang ikan lele (*Clarias batrachus*) menggunakan asam HCl konsentrasi 4% menghasilkan rendemen sebesar 10,9%.

Berdasarkan penjabaran diatas, peneliti mendesain produk flokulan gelatin dari limbah tulang ikan lele dengan menggunakan metode asam dengan parameter kriteria umum flokulan berdasarkan nilai pH, berat molekul (Mv), tidak toksik, dan terpresipitasi dalam larutan. Selanjutnya menguji efektifitas flokulasi flokulan gelatin dalam penjernihan air serta menghitung biaya penggunaan flokulan gelatin skala industri.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan antara lain limbah tulang ikan lele yang diperoleh dari warung makan dan pasar tradisional di daerah kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat, asam klorida (HCl) teknis, kaolin teknis, akuades, NaCl, H₂ SO₄, HCL, larutan standar pH 4 dan 7. Peralatan yang digunakan timbangan digital, waterbath, gelas ukur, timbangan, beaker glass, batang pengaduk, wadah baskom, erlenmeyer, kertas pH, kertas saring, pipet, dan vaccum evaporator, detector Refractive Index (RI) pada Kromatografi Permeasi Gel (UPT Laboratorium Terpadu UNDIP Semarang), seperangkat alat *jar test* (Lab. Bioindustri dan Teknik Manajemen Lingkungan).

Metode

Tahap pertama dilakukan produksi gelatin dari tulang ikan lele (*Clarias batrachus*) dengan variasi konsentrasi HCl 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% selama 24 jam dengan waktu ekstraksi 1, 3, 5 dan 7 jam Gelatin yang diperoleh berdasarkan masing-masing

perlakuan diidentifikasi nilai rendemennya. Perlakuan dengan nilai rendemen tertinggi ditetapkan sebagai perlakuan terpilih dan selanjutnya diproduksi ulang untuk dijadikan sebagai flokulan gelatin. Flokulan gelatin dianalisis sesuai dengan kriteria umum flokulan berdasarkan nilai pH, berat molekul, sifat tidak toksik dan terpresipitasi dari larutan. Selanjutnya, dilakukan penelitian tahap kedua yaitu uji efektivitas flokulasi flokulan gelatin serta penentuan dosis optimum yang perlu digunakan menggunakan metode *jar test*. Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 1.

Produksi Gelatin dari Tulang Ikan Lele

Proses pembuatan gelatin dari tulang ikan lele (*Clarias batrachus*). Bahan baku tulang dilakukan proses degreasing, yaitu proses pencucian dengan air hangat untuk menghilangkan sisa lemak dan daging yang menempel pada tulang ikan. Proses ini dilakukan menggunakan suhu 37 °C selama 30 menit. Tulang ikan yang telah bersih dari sisa daging, kotoran dan lemak kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C hingga massa konstan. Setelah kering tulang ikan lele tersebut dipotong-potong ± 1 cm. Kemudian dilakukan penimbangan tulang ikan lele kering seberat 20 g

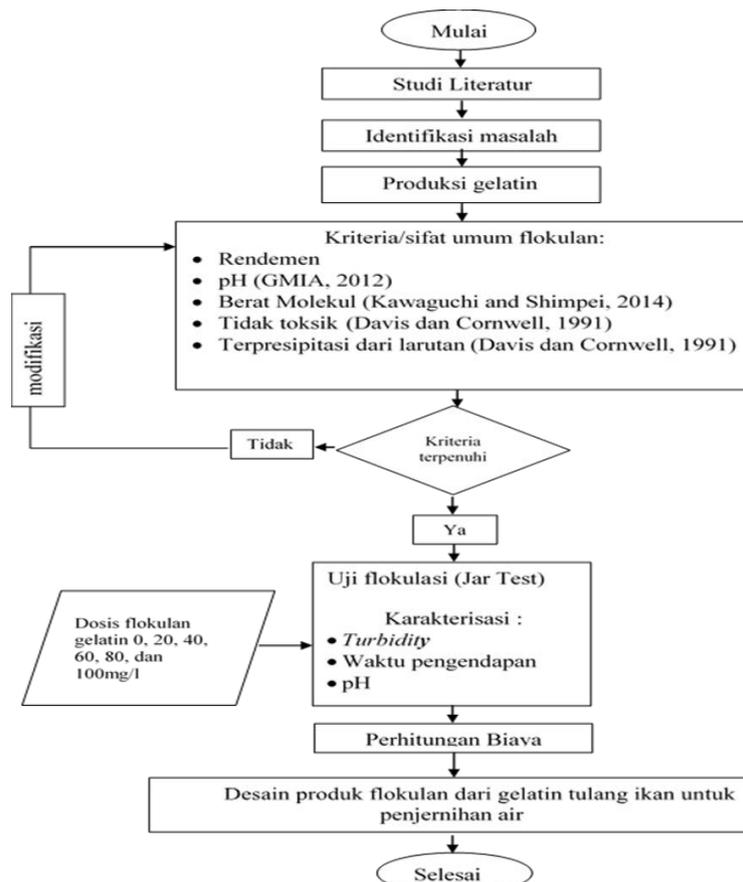
untuk masing-masing kondisi operasi dan dilakukan demineralisasi dalam 100 mL larutan HCl dengan variasi konsentrasi 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% selama 24 jam. Tulang hasil demineralisasi berupa ossein dicuci dengan air mengalir.

Tahap selanjutnya adalah proses ekstraksi menggunakan aquadest pada suhu 70°C dengan ratio massa ossein volume aquades 1:2 dalam variasi waktu ekstraksi 1, 3, 5 dan 7 jam menggunakan waterbath. Hasil ekstraksi disaring menggunakan labu erlenmeyer pompa vakum dimana corong Bucner dilapis dengan kertas saring Whatman no. 42. Hasil penyaringan pada erlenmeyer dituangkan pada loyang yang telah dilapis dengan aluminium foil. Selanjutnya dikeringkan menggunakan oven pada suhu ± 60°C hingga didapatkan lembaran gelatin. Lembaran gelatin yang diperoleh dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi serbuk gelatin.

Penilaian Sifat Umum Flokulan pada Gelatin

pH Gelatin

Penentuan nilai pH gelatin dilakukan dengan cara bubuk gelatin dilarutkan dalam aquades dengan konsentrasi 1% kemudian diukur dengan menggunakan pH meter.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pengukuran Berat Molekul Gelatin (Rocco *et al.*, 2014) dimodifikasi

Persamaan Mark - Hawing membuat korelasi antara viskositas polimer (η) terhadap berat molekul (M_v) dalam bentuk garis lurus dengan nilai K dan a adalah tetapan Mark-Hawing dan indeks persamaan. Untuk menentukan berat molekul gelatin dihitung dengan cara:

$$\eta = KM_v^a \dots\dots\dots (1)$$

Dengan K = $6,31 \times 10^{-3}$ g/mL dan a - 0,8.

Pengukuran berat molekul rata-rata viskos diukur menggunakan pelarut Tetrahidrofuran (THF) pada suhu 40 °C. Pengukuran tersebut dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu UNDIP Semarang.

Sifat Toxic dan Terpresipitasi

Sifat toxic dan terpresipitasi gelatin diidentifikasi berdasarkan studi literatur penelitian terkait.

Jar Test (SNI 19-6449-2000) dimodifikasi

Jar test adalah suatu metode pengujian untuk mengetahui kemampuan suatu koagulan/flokulan dan menentukan kondisi operasi (dosis) optimum pada proses penjernihan air dan air limbah. Pengujian jar test skala laboratorium dilakukan dengan ditimbang dan menyiapkan variasi dosis flokulan. Dosis flokulan gelatin mengacu pada penelitian Plaza dan Garcia (2010a) yang dimodifikasi dengan menyiapkan variasi penambahan dosis flokulan gelatin dengan sebanyak 0 mg (kontrol), 20 mg, 40 mg, 60 mg, 80 mg, dan 100 mg masing-masing dilarutkan dalam 100 mL aquadest suhu 60 °C dan diaduk selama 60 menit. Dimasukkan 1 L limbah buatan kaolin yang sama ke dalam masing-masing jar/gelas kimia berkapasitas 1 L. Menyalakan pengaduk jamak untuk beroperasi pada kecepatan ± 120 rpm (pengaduk cepat) kemudian ditambahkan dosis flokulan yang telah disiapkan pada masing-masing gelas kimia. Pengaduk cepat dilakukan selama 1 menit setelah penambahan flokulan. Setelah itu, dikurangi kecepatan pengadukan menjadi ± 60 rpm untuk menjaga partikel-partikel flok yang terbentuk agar tidak hancur selama 20 menit (pengadukan lambat). Setelah pengaduk lambat, pengaduk dikeluarkan, kemudian waktu dan pengendapan partikel-partikel flok diamati selama 30 menit, namun setiap 5 menit diambil sampel untuk diuji kadar kekeruhan, pH dan efisiensi penyisihan kekeruhan.

Perhitungan Biaya Flokulan Gelatin (Triastiningrum dan Purnomo, 2016) dimodifikasi

Pemakaian flokulan gelatin dapat dihitung dengan persamaan:

$$X = \frac{Q \times D}{10^6} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana X adalah bahan flokulan yang digunakan (kg/jam), Q adalah debit air yang diolah (liter/jam) dan D adalah dosis flokulan yang digunakan (g/l).

Biaya per jam = pemakaian flokulan (kg/jam) x harga per kg (3)

Biaya per m³ = $\frac{\text{biaya flokulan per jam}}{\text{debit air yang diolah (m³/jam)}}$ (4)

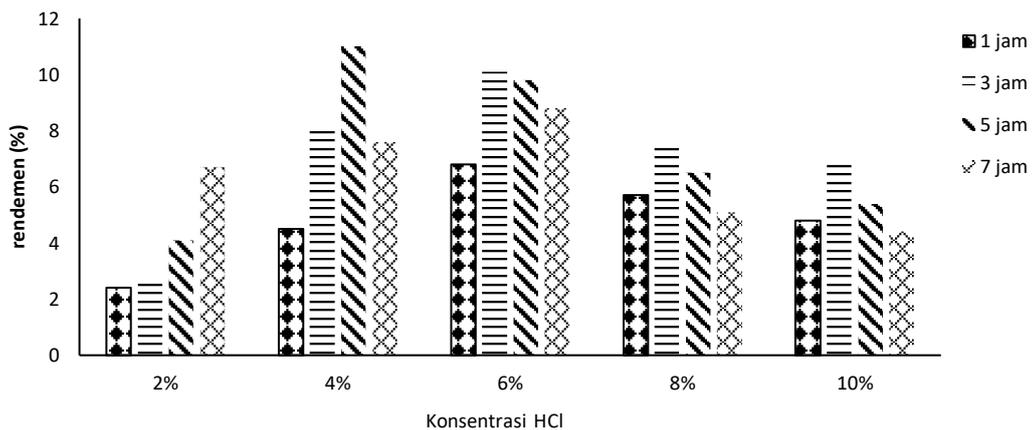
HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Gelatin Tulang ikan Lele

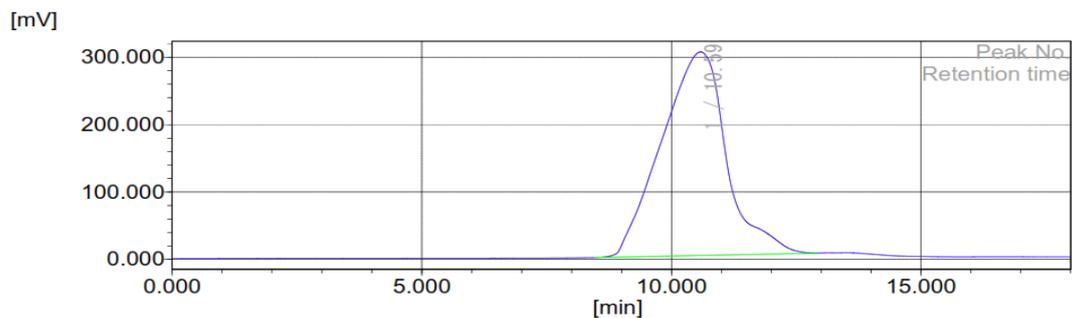
Berdasarkan hasil penelitian, nilai rendemen gelatin tertinggi dihasilkan oleh perlakuan konsentrasi HCl 4% dengan lama waktu ekstraksi 5 jam, yaitu sebesar 11%, sedangkan nilai rendemen gelatin terendah dihasilkan oleh perlakuan konsentrasi 2% dengan lama waktu ekstraksi 1 jam yaitu sebesar 2,4%. Pada konsentrasi HCl 4% dengan lama waktu ekstraksi 5 jam merupakan perlakuan yang optimum bagi ion H⁺ menghidrolisis kolagen dari rantai *triple helix* menjadi rantai tunggal, sehingga rendemen gelatin yang diperoleh lebih tinggi. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu kontak, maka kolagen pada tulang ikan yang terlarut oleh asam HCl semakin banyak dan jika terlalu lama menyebabkan nilai rendemen semakin menurun. Lamanya waktu perendaman menyebabkan jaringan fibril pada kolagen akan rusak sehingga jumlah komponen kolagen yang terlarut dalam asam lebih tinggi dan akan mengakibatkan penurunan nilai rendemen gelatin. Sementara itu, semakin tinggi rasio asam HCl dengan tulang ikan maka rendemen yang dihasilkan makin tinggi pula. Hal ini disebabkan asam yang digunakan bereaksi dengan kalsium pada tulang sehingga garam kalsium pada tulang akan terlarut (Huda *et al.*, 2013). Dengan demikian, gelatin akan diproduksi ulang dengan menggunakan perlakuan terpilih yaitu HCl 4% dengan lama waktu ekstraksi 5 jam. Nilai rendemen gelatin tulang ikan lele disajikan pada Gambar 2.

Penilaian Sifat Umum Flokulan

Penilaian sifat umum flokulan gelatin ditentukan dengan beberapa analisa dan studi literatur diantaranya nilai pH, berat molekul, sifat toxic dan terpresipitasi dari larutan. Penilaian sifat umum ini dilakukan pada perlakuan terpilih yaitu gelatin yang dibuat dengan konsentrasi hidrolisis HCl 4% dan waktu ekstraksi 5 jam. Sebanyak 932,58 g tulang ikan lele diproduksi ulang dengan perlakuan terpilih dan didapatkan gelatin kering sebesar 105,20 g.



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi HCl terhadap rendemen gelatin



Gambar 3 Grafik hasil pengujian berat molekul gelatin tulang ikan lele

Nilai pH

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa nilai pH gelatin yang diperoleh sebesar 5,2. Nilai tersebut memenuhi standar gelatin tipe A (metode asam) yaitu 3,8-6,0 (GMIA, 2012).

Berat Molekul

Gelatin merupakan biopolimer (polimer organik) turunan dari kolagen yang berasal dari tulang dan kulit hewan. Polimer adalah senyawa rantai panjang tersusun atas untaian senyawa-senyawa sederhana (monomer) dalam bentuk tertentu. Panjang rantai suatu molekul ditunjukkan dengan berat molekulnya. Pada umumnya, polimer adalah campuran dari polimer-polimer tunggal yang memiliki berat molekul berbeda. Oleh karena itu, berat molekul polimer menggunakan istilah berat molekul rata-rata.

Viskositas merupakan ukuran yang menyatakan kekentalan suatu larutan polimer. Perbandingan antara viskositas larutan polimer terhadap viskositas pelarut murni dapat dipakai untuk menentukan massa molekul (Mv) nisbi polimer. Hasil analisis berat molekul rata-rata viskos (Mv) gelatin tulang ikan lele dengan menggunakan Kromatografi Permeasi Gel (GPC) teridentifikasi pada kisaran berat molekul (Mv) sebesar 302.648 g/mol. Adapun hasil

pengukuran berat molekul rata-rata (Mv) gelatin tulang ikan lele dapat dilihat pada Gambar 3.

GMIA (2012) menyatakan nilai berat molekul gelatin bervariasi mulai dari 15.000-400.000. Flokulan polimer alami biasanya seperti natrium alginat, kitosan termodifikasi dan pati termodifikasi memiliki berat molekul beberapa puluh ribu. Besarnya nilai berat molekul gelatin ditentukan dari reaksi pemutusan ikatan kovalen pada struktur tropokolagen dan akan lebih mudah dilakukan pada suasana asam. Namun dalam penggunaan larutan asam perlu di perhatikan karena jika terlalu besar dapat menghasilkan rendemen dengan nilai berat molekul gelatin yang rendah. Hermanto *et al.* (2014) menyatakan konsentrasi asam yang terlalu besar akan menghasilkan struktur gelatin dengan massa molekul relatif yang lebih rendah dan viskositasnya semakin berkurang.

Beberapa contoh nilai berat molekul berbahan alami seperti: protein dari ekstrak biji kelor kering (*Moringa oleifera*) memiliki berat molekul antara 13.000 g/mol (Camaco *et al.*, 2017); tanin sebagian besar merupakan senyawa polifenol tanaman yang larut dalam air dengan berat molekul berkisar antara 500 dan beberapa ribu dalton (Beltran *et al.*, 2011); *coagulant M.oleifera Lectin* memiliki berat molekul 26.500 g/mol (Santos *et al.*,

2009); chitosan 50.000 g/mol (Kangama *et al.*, 2018).

Sifat Toksik

Bahan Toksik merupakan segala jenis zat/bahan yang dapat menghasilkan racun yang dapat berasal dari aktifitas manusia atau terjadi secara alami. Menurut National Formulary gelatin didefinisikan sebagai produk yang diperoleh melalui proses hidrolisis parsial kolagen yang berasal dari kulit, jaringan ikat dan tulang hewan vertebrata seperti sapi, babi, ikan dan kambing. Kegunaan gelatin sebagai zat tambahan biasa dimanfaatkan dalam proses pembuatan makanan, obat dan kosmetik (GMIA, 2012). Telah banyak dilakukan penelitian terhadap uji toksisitas pada gelatin diantaranya: gelatin kulit, ikan patin siam tidak memberikan pengaruh kerusakan organ terhadap mencit (Rachmawati *et al.*, 2011); Gelatin dan alginate merupakan bahan non toksik yang aman digunakan sebagai bahan material *bone graft* dalam *Human Amniotic Membrane Stem Cell* (hAMSCs) secara *in vitro* (Hendrijantini *et al.*, 2019) sehingga dapat disimpulkan bahwa gelatin merupakan bahan alami yang aman digunakan bagi manusia dan tidak berbahaya bagi lingkungan.

Terpresipitasi

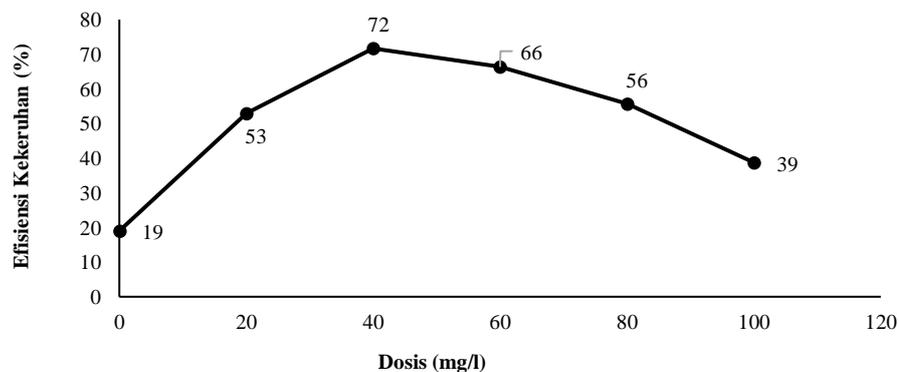
Davis dan Cornwell (2008) menyatakan Koagulan/flokulan yang ditambahkan harus terpresipitasi dari larutan, sehingga ion-ion tersebut tidak tertinggal dalam air. Pengendapan gelatin dapat dilihat berdasarkan titik isoelektiknya. Titik isoelektrik protein adalah pH dimana protein memiliki jumlah muatan ion positif dan ion negatif yang sama. Pada titik isoelektriknya, kelarutan protein paling rendah sehingga terjadi penggumpalan atau pengendapan dari protein. Kisaran titik isoelektrik gelatin menurut GMIA (2012) pada gelatin dengan proses asam antara 9 sampai 9,2.

Dari data hasil pengujian dan literatur diatas dapat disimpulkan bahwa gelatin memenuhi kriteria sebagai bahan yang dapat digunakan sebagai flokulan dan termasuk dalam jenis flokulan alami (bioflokulan).

Pengaruh Gelatin Terhadap Penurunan Keekeruhan

Penelitian ini diawali dengan menyiapkan limbah cair buatan dengan melarutkan 100 mg kaolin teknis pada 1000 mL air bernilai pH 5,5 dimana asam asetat digunakan untuk mengatur pH. Nilai *turbidity* sebelum pengujian *jarrest* diukur menggunakan *turbidity* meter dan dicatat sebagai nilai *turbidity* awal. Pengujian dosis optimum dilakukan dengan cara mencampurkan gelatin tulang ikan lele sebagai flokulan dengan variasi dosis 0 mg/L, 20 mg/L, 40 mg/L, 60 mg/L, 80 mg/L, dan 100 mg/l. Penentuan dosis optimum dilakukan dengan metode *jarrest* dengan pengadukan cepat dengan kecepatan putaran 120 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat kecepatan putaran 50 rpm selama 10 menit. Kemudian dilakukan pengendapan selama 30 menit, namun setiap 5 menit diambil sampel untuk diuji kadar kekeruhan dan pH. Pengaruh variasi dosis terhadap penurunan kekeruhan dapat dilihat pada Gambar 4.

Dapat dilihat bahwa pemberian dosis flokulan gelatin memberi pengaruh terhadap persentase penurunan sampel limbah buatan. Dalam kurun waktu pengendapan selama 30 menit, penurunan kekeruhan terbesar terjadi pada pemberian dosis flokulan gelatin sebesar 40 mg/L menurunkan kekeruhan awal 100 NTU menjadi 38 NTU dengan nilai efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar 72%, namun menurun drastis ketika dosis mencapai 100 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa dosis optimum flokulan gelatin yang efektif menurunkan kekeruhan sampai dosis 40 mg/L. Ketelitian dalam pemberian dosis untuk menurunkan kekeruhan secara efektif perlu diperhatikan.



Gambar 4. Perbandingan turbidity dengan dosis flokulan gelatin berbeda

Pemberian dosis yang tidak tepat dibawah dosis optimum (misalnya 39 mg/L) belumlah maksimal diduga karena ion kationik sebagai pendonor muatan positif saat proses destabilisasi partikel tanah liat bermuatan negatif masih kurang, sehingga dibutuhkan dosis sebesar 40 mg/L untuk mendapatkan hasil penurunan kekeruhan optimum. Sebaliknya, jika penambahan dosis melebihi 40 mg/L, nilai efisiensi penurunan kekeruhan semakin mengecil. Hal ini diduga karena semakin tinggi dosis flokulan gelatin yang digunakan, mengakibatkan ion positif yang berlebih dan gagalnya proses adsorpsi sehingga menghasilkan gaya tolak yang cukup besar. Sehingga dapat mengakibatkan gagalnya pengikatan dan pembentukan flok. Nazarzadeh *et al.* (2017) menjelaskan dengan meningkatnya konsentrasi poliamfolit, jumlah rantai teradsorpsi pada permukaan partikel meningkat, sehingga tidak ada permukaan kosong yang cukup pada permukaan partikel untuk menjembatani antar partikel. Jadi, ukuran flok menjadi lebih kecil dan kekeruhan meningkat.

Pengaruh Waktu Pengendapan Terhadap Efisiensi Kekeruhan

Adapun lama waktu pengendapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah 0 menit, 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit dan 30 menit. Selanjutnya, dilakukan pengamatan pada dosis 40mg/L yang ditetapkan sebagai dosis optimum dengan kekeruhan limbah buatan kaolin

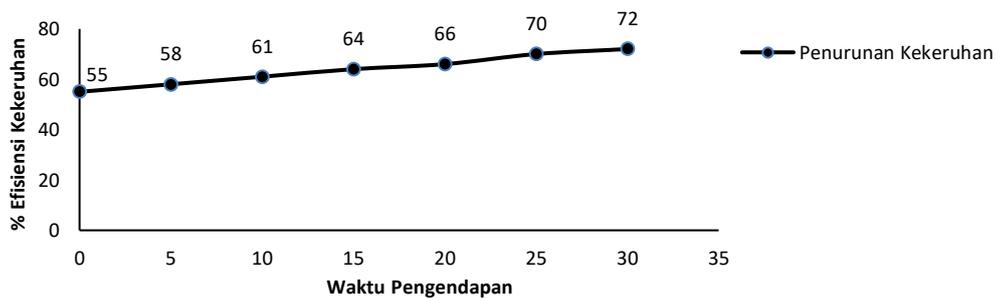
sebesar 100 NTU. Adapun hasil pengamatan lama waktu pengendapan disajikan pada Gambar 5.

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan semakin lama waktu pengendapan yang diberikan, maka nilai efisiensi kekeruhan semakin besar. Sesuai dengan metode jartes SNI 19-6449-2000 lama waktu pengendapan selama 30 menit, koloid telah terstabilisasi. Jika melihat dari garis trend pada grafik diatas menunjukkan kecondongan untuk terus mengarah keatas (*uptrend*) apabila lama waktu pengendapan lebih diperpanjang Merujuk dari penelitian Piazza dan Garcia (2010a), percobaan sedimentasi menggunakan protein dari darah dan ekstrak tulang babi, dalam kurun waktu lima jam mampu menurunkan kekeruhan tanah liat sebesar 89 - 91%.

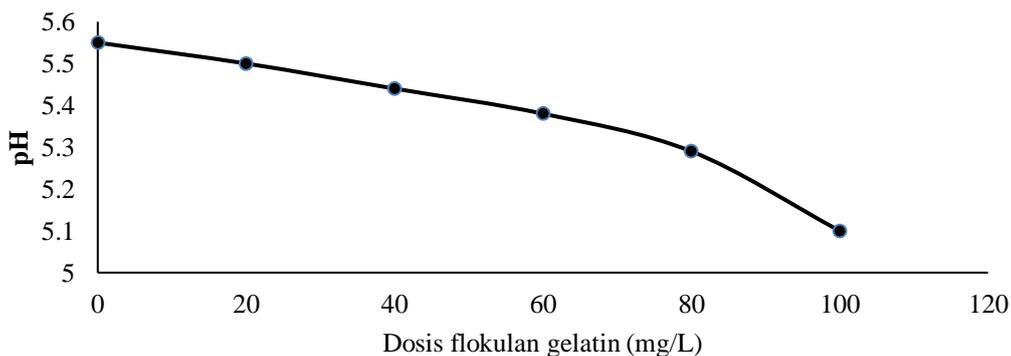
Pengaruh Flokulan Gelatin Terhadap Nilai pH

Nilai pH dapat secara langsung mempengaruhi kekuatan flokulasi polimer. Dalam penelitian ini, dilakukan pengaturan pH awal dengan cara ditambahkan asam asetat pada satu liter air limbah buatan hingga mencapai pH 5,5. Adapun grafik pengaruh dosis flokulan gelatin terhadap pH disajikan pada Gambar 6.

Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan dosis flokulan gelatin maka nilai pH limbah buatan semakin menurun. Penurunan pH pada limbah buatan terjadi karena flokulan gelatin yang digunakan sudah bersifat asam dengan nilai pH 5,2.



Gambar 5. Pengaruh lama waktu pengendapan terhadap nilai efisiensi kekeruhan



Gambar 6. Pengaruh dosis flokulan gelatin terhadap efisiensi kekeruhan (pH 5,5)

Gelatin pada penelitian memiliki pH yang asam karena menggunakan larutan perendaman yang bersifat asam yaitu asam HCl. Nilai pH gelatin dipengaruhi oleh proses pencucian setelah direndam dengan larutan asam. Nilai yang rendah diduga karena pencucian dengan air secara berulang setelah proses perendaman belum dapat mengeluarkan semua asam dalam jaringan kolagen kulit ikan sehingga terdapat sisa asam yang terbawa saat ekstraksi. Menurut Santoso *et al.* (2015) semakin banyak asam yang digunakan maka semakin banyak pula asam yang tidak bereaksi pada jaringan fibril dikarenakan banyaknya asam yang tertinggal dan mengendap pada tulang sehingga pada proses ekstraksi asam ikut terhidrolisis bersama kolagen.

Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya dilakukan dengan kondisi misalnya diketahui besar debit air limbah pengolahan (Q) = 90 liter/detik dan tidak hujan. Biaya pembuatan gelatin tulang ikan lele bisa diperkecil seminimal mungkin tergantung limbah tulang ikan diperoleh. Dalam penelitian ini, biaya pembuatan gelatin 105,20 gram adalah Rp. 10.000 (Penelitian, 2021). Adapun perhitungan biaya pemakaian gelatin berikut :

Harga gelatin = Rp. 100.000 / kg
 Keekeruhan = 100 NTU
 Debit pengolahan = 90 liter / detik
 = 324.000 liter / jam
 = 324 m³ / jam
 Dosis optimum = 40 mg / L

Pemakaian flokulan gelatin dalam kg/jam
 $X = Q \times \text{dosis flokulan} / 10^3$
 = 324.000 x 40 / 10⁶
 = 12,96 kg / jam

Biaya pemakaian flokulan gelatin per jam
 = 12,96 kg / jam x Rp.100.000
 = Rp. 1.296.000

Biaya pemakaian flokulan gelatin per m³
 = Rp. 1.296.000 / 324 m³
 = Rp. 4.000 / m³

Dari hasil perhitungan biaya pemakaian flokulan gelatin komersial skala industri diatas, besar biaya pemakaian flokulan gelatin per jam sebesar Rp. 1.296.000 dan biaya pemakaian flokulan gelatin per m³ sebesar Rp. 4.000/m³. Dari perhitungan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa pengaplikasian flokulan gelatin relatif mahal untuk diaplikasikan. Namun, penggunaan flokulan jenis sintetik seperti *Poly Aluminium Chloride* (PAC) misalnya, yang memiliki kelemahan sensitif terhadap pH, tidak efisien pada suhu rendah, terbatas hanya pada beberapa sistem dispersi, dan jumlah besar diperlukan untuk flokulasi yang efektif, sehingga menghasilkan sejumlah besar lumpur yang menantang dalam sistem instalasi pengolahan air limbah (Bratby, 2006; Sharma *et al.*, 2006). Selain itu, beberapa penelitian telah melaporkan bahwa

PAC mengandung aluminium yang dapat mencemari air minum, dan menyebabkan masalah kesehatan yang serius bagi konsumen (Banks *et al.*, 2006).

Gelatin yang berasal dari limbah tulang ikan lele dapat dijadikan sebagai flokulan alternatif karena sifatnya tidak beracun, mudah terdegradasi, bersifat amfoter dimana dapat menyesuaikan lingkungan asam atau basa dan bahan bakunya mudah didapatkan. Gelatin dapat digunakan sebagai bioinhibitor dalam menghambat laju korosi dari logam besi. Hutapea (2020) dalam penelitiannya menyatakan gelatin sebagai inhibitor korosi logam besi efektif bekerja pada larutan NaCl 3%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Gelatin terpilih menggunakan HCl 4% dan waktu ekstraksi 5 jam menghasilkan 105,2 g gelatin bubuk dengan rendemen 11%. Gelatin tulang ikan lele memenuhi kriteria sebagai flokulan alami (bioflokulan) dengan nilai pH 5,2, berat molekul (Mv) 302.648 g/mol, bahan alami non toksik dan dapat terpresipitasi dari larutan. Hasil penelitian *Jar test* menggunakan flokulan gelatin skala laboratorium memberikan efisiensi penurunan turbidity tertinggi 72% pada dosis 40 mg/L dengan nilai turbidity awal sebesar 100 NTU menjadi 28 NTU. Perhitungan biaya pemakaian flokulan gelatin skala industri per jam sebesar Rp. 1.296.000 dan biaya pemakaian flokulan gelatin per m³ sebesar Rp. 4.000/m³.

Saran

Untuk meningkatkan nilai efisiensi penurunan kekeruhan, waktu sedimentasi dapat diperpanjang selama lima jam agar proses penurunan kekeruhan mendapatkan nilai efisiensi yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [GMIA] Gelatin Manufacturers Institute of America. 2012. Gelatin Handbook. Gelatin Manufacturers Institute of America, Inc. New York, NY.
- [SNI] Standarisasi Nasional Indonesia. 2000. Metode Pengujian Koagulasi-Flokulasi dengan Cara Jar 19-6449-2000.
- Banks WA, Niehoff ML, Drago D, Zatta P. 2006. Aluminum complexing enhances amyloid (protein penetration of blood-brain barrier. *Brain Res.* P215–221.
- Beltrán HJ, Sanchez MJ, dan Barrado MM. 2011. *Removal of Anionic Surfactants in Aqueous Solutions with Moringa Oleifera Seed Extract Coagulant Sustainability.* P1-20.

- Bratby J. 2006. Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment. 2nd ed. IWA Publishing, London.
- Camacho FP, Sousa VS, Bergamasco R, Teixeira RM. 2017. The use of *Moringa oleifera* as a natural coagulant in surface water treatment. *Chemical Engineering Journal*, 3 (13): 226–237. doi:10.1016/j.cej.2016.12.031
- Davis ML dan Cornwell DA. 2008. Introduction to Environmental Engineering. McGraw-Hill Companies. New York.
- Hendrijantini N, Hartono P, Susilowati H, Hartono CK, Danianti RP, Brahmana F. 2019. Study of human amniotic membrane mesenchymal stem cells using gelatin and alginate as nontoxic scaffold. *Recent Adv Biol Med*. 5: 7. doi 10.18639/RABM.2019.877306.
- Hermanto S, Hudzaifah MR, dan Muawanah A, 2014. Karakteristik fisikokimia gelatin kulit ikan sapu-sapu (*Hyposarcus pardalis*) Hasil Ekstraksi Asam. *Jurnal Kimia Valensi*. 4: 109-120.
- Huda WN, Atmaka W, dan Nurhartadi W. 2013. Kajian karakteristik fisik dan kimia gelatin ekstrak tulang kaki ayam (*gallus bankiva*) dengan variasi lama perendaman dan konsentrasi asam. *Jurnal Teknosains Pangan*. 2 (3): 70-75.
- Hutapea TPH. 2020. Potensi gelatin ikan bandeng (*Chanos Chanos*) sebagai bioinhibitor logam besi pada larutan NaCl 3% Dan Hcl 3%. *Jurnal Borneo Saintek*. 3 (1): 35-38.
- Kangama A, Zeng D, Tian X, Fang J. 2018. Application of chitosan composite flocculant in tap water treatment. *Journal of Chemical*. Article ID 2768474, P9. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/2768474>.
- Kawaguchi S dan Shimpei H. 2014. Polymer flocculants. *Journal of Polymeric Nanomaterials*. Pp1-10. DOI 10.1007/978-3-642-36199-9_209-1
- Lestari ND dan Fatimah S. 2021. Ekstraksi gelatin dari tulang ikan nila merah (*oreochromis niloticus*) dengan variasi konsentrasi asam Klorida (HCl). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 6 (2):198-206. doi:<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v6i2.2704>.
- Mayasari R dan Hastarina M. 2018. Optimalisasi dosis koagulan aluminium sulfat dan poli aluminium klorida (PAC). *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*. 3 (2): 28-36.
- Nazarzadeh M, Nikfarjam N, and Qazvini NT. 2017. Flocculation properties of a natural polyampholyte: the optimum condition toward clay suspensions. *Environmental Engineering Research*. 22 (3): 255-265. DOI: <https://doi.org/10.4491/eer.2016.091>.
- Permata WY, Widiastri F, Sudaryanto Y, Anteng AA. 2016. Gelatin dari tulang ikan lele (*Clarias batrachus*): pembuatan dengan metode asam, karakterisasi dan aplikasinya sebagai thickener pada industri sirup. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik*. 15 (2):146-152.
- Piazza GJ dan Garcia RA. 2010a. Meat and bone meal extract and gelatin as renewable flocculants. *Bioresource Technology*. 101 (2): 781-787
- Rachmawati N, Triwibowo R, dan Putri AK. 2011. Toksisitas subkronik gelatin kulit ikan patin siam (*Pangasius hypophthalmus*) terhadap mencit (*Mus musculus*). *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 6 (1): 81-90.
- Rocco JAFF, Lima JES, Frutuoso AG, Iha K, Ionashiro M, Matos JR, Suárez MEV. 2014. TG Studies of a Composite Solid Rocket Propellant Based on HTPB-binder. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 77 (3): 803-813.
- Said, Triatmojo MLS, Erwanto Y, Fudholi A. 2011. Karakteristik gelatin kulit kambing yang diproduksi melalui proses asam basa. *Jurnal Agritech*. (31): 3.
- Salehizadeh H, Yan N, Farnood R. 2018. Recent advances in polysaccharides bio-based flocculants. *Biotechnol Adv*. 36: 92–119. doi.org/10.1016/j.biotechadv.2017.10.002
- Santos AFS, Luz LA, Argolo ACC, Teixeira JA, Paiva PMG, Coelho LCBB. 2009. Isolation of a Seed Coagulant *Moringa Oleifera* Lectin. *Journal Process Biochem*. 44: 504-508.
- Sharma BR. Dhuldhoya NC, dan Merchant UC. 2006. Flocculants- an ecofriendly approach. *Journal Polymers Environ*. 14: 195–202.
- Triastiningrum CD dan Purnomo A. 2016. Perbandingan Kemampuan Kitosan dari Limbah Kulit Udang dengan Aluminium Sulfat untuk Menurunkan Kekeruhan Air dari Outlet Bak Prasedimentasi IPAM Ngagel II. *Jurnal Teknik*. 5 (2): 272-278.
- Yuliani dan Marwati. 2015. Ekstraksi dan karakterisasi gelatin tulang ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*). *Jurnal Teknologi Pertanian*. 10 (1): 1-7.