

EFEKTIVITAS KULIT UDANG (*METAPENAEUS MONOCEROS*) SEBAGAI BIOKOAGULAN PADA AIR SUNGAI KELEKAR MENJADI AIR BERSIH (STUDI KASUS : AIR SUNGAI KELEKAR SEBAGAI AIR BERSIH DI INTAKE WATER PLANT PLTGU INDRALAYA)

Indah Pratiwi¹, Dian Kurniasari² dan Sofa Azalياهو³
^{1,2,3} Program Studi Teknik Analisis Laboratorium migas,
Politeknik Akamigas Palembang, Jl Kebon Jahe, Plaju Palembang
e-mail : ¹ Indahpratiwikimia@gmail.com , ² Diankurniasari@gmail.com , ³ Azalياهوsofa@yahoo.com

Abstrak

Penelitian efektivitas kulit udang sebagai biokoagulan dalam perbaikan kualitas air kualitas air sungai kelekar telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan limbah kulit udang sebagai biokoagulan untuk memperbaiki kualitas air dan pengaruh air terhadap parameter pH, Conductivity, Turbidity, Silika dan Fe. Pengontakkan koagulan dengan air sungai kelekar menggunakan jarrest dengan 200 rpm selama 1 menit. Konsentrasi koagulan kitosan yang efektif adalah 100 mg/l dan Aluminium Sulfat yang menurunkan lebih banyak adalah dosis 150 mg/l. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kitosan mampu menurunkan parameter Conductivity 51,95 % , Turbidity 87,14 % , Silika 58,21 % dan Fe 75,80 % . Pada koagulan aluminium sulfat dengan dosis 150 mg/l mampu menurunkan Conductivity 39,32 % , Turbidity 65,80 % , Silika 38,75 % , dan Fe 41,29 % . Efektivitas koagulan kulit udang lebih tinggi dari pada koagulan aluminium sulfat itu menunjukkan bahwa kulit udang mampu berperan sebagai koagulan untuk air sungai kelekar menjadi air bersih di PLTGU Indralaya.

Kata Kunci : Koagulan, Limbah Kulit Udang, Aluminium Sulfat, Jar Test, Air Sungai Kelekar

ABSTRACT

Research on the effectiveness of shrimp shells as biocoagulants in improving water quality has been carried out. This study aims to determine the ability of shrimp shell waste as a biocoagulant to improve water quality and the effect of water on the parameters of pH, Conductivity, Turbidity, Silica and Fe. Contacting the coagulant with river water using a jarrest at 200 rpm for 1 minute. The effective concentration of chitosan coagulant was 100 mg/l and Aluminum Sulfate which decreased more was 150 mg/l. The results showed that chitosan was able to reduce the parameters of Conductivity 51.95%, Turbidity 87.14%, Silica 58.21% and Fe 75.80%. Aluminum sulfate coagulant with a dose of 150 mg/l can reduce 39.32 % Conductivity, 65.80 % Turbidity, 38.75 % Silica, and 41.29 % Fe. The effectiveness of the shrimp shell coagulant is higher than the aluminum sulfate coagulant, it shows that the shrimp shell is able to act as a coagulant for the kelekar river water into clean water at PLTGU Indralaya.

Keywords: Coagulant, Shrimp Shell Waste, Aluminum Sulfate, Jar Test, Kelekar River Water

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Negara di Indonesia salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Indralaya. Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Indralaya selain memanfaatkan gas dari PT. Medco Power Indonesia sebagai bahan bakar juga menggunakan air yang berasal dari sungai kelekar yang terletak di Desa Tanjung Seteko Kec. Indralaya Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan, sebagai bahan baku utama dalam berjalannya operasi Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU), dimana air tersebut sebelum

digunakan di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) perlu dilakukan proses treatment terlebih dahulu di unit Intake Water Plant yang merupakan salah satu bagian dari unit Water Treatment Plant yang mengolah air sungai kelekar menjadi air bersih, dimana air bersih tersebut digunakan untuk menjadi air demineral yang berfungsi untuk proses Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU), pemakaian sehari-hari unit dan *fire fighting* (pemadaman kebakaran).

Salah satu proses yang terdapat di Intake Water Plant yaitu proses koagulasi yang bertujuan untuk memisahkan air dengan pengotor seperti

lumpur dan pasir yang terlarut di dalamnya. Umumnya proses koagulasi ini dapat dilakukan dengan penambahan bahan kimia dan bahan alami yang disebut sebagai koagulan. Koagulan merupakan bahan yang dibutuhkan pada air yang berfungsi untuk membantu proses pengendapan partikel-partikel kecil yang tidak dapat mengendap. Salah satu jenis koagulan yang umumnya digunakan di Pembangkit Listrik Tenaga Gas Dan Uap (PLTGU) Indralaya adalah Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) atau tawas. Pemakaian Aluminium Sulfat Menurut Chun-Yang Yin, 2010 “Dapat menimbulkan beberapa kerugian seperti mempengaruhi pH air yang menjadi asam dan menambah residual kation dalam air serta tidak ekonomis”. Serta proses koagulasi yang menggunakan koagulan bahan kimia akan berdampak terjadi proses aditif yang akan mengakibatkan terjadinya peningkatan kandungan terlarut dalam air. Sebagai contoh adalah ketika bahan-bahan kimia ditambahkan untuk meningkatkan efisiensi penyisihan sedimentasi partikel, konsentrasi padatan terlarut dalam air akan bertambah. Kekurangan lain yang cukup signifikan dalam penggunaan koagulan bahan kimia adalah banyaknya lumpur yang perlu ditangani, diolah, dan dibuang. Selain itu biaya keseluruhan bahan kimia biasanya berhubungan dengan kenaikan biaya energi (Prof. Dr. Ign Suharto, APU, 2013)

Sehingga penggunaan bahan kimia sebagai koagulan banyak sekali menimbulkan kerugian. Oleh karena itu dibutuhkan alternatif koagulan, guna mengatasi masalah tersebut yakni dengan memanfaatkan limbah kulit udang sebagai koagulan alami. Menurut Rumapea, 2009 “Kulit udang memiliki kandungan kitin, yang digunakan sebagai absorben untuk menyerap logam berat seperti Seng (Zn), Kromium (Cr), Tembaga (Cu), Kobalt (Co), Nikel (Ni dan Besi (Fe) dalam air”. Selanjutnya Menurut Mu'minah, 2008 “Salah satu koagulan yang memiliki sifatnya tidak mempengaruhi pH air, tidak menimbulkan residual kation logam dan menghasilkan lumpur dengan volume yang lebih sedikit, tidak beracun, mudah terdegradasi, bahan bakunya mudah didapatkan serta ekonomis yakni limbah kulit udang”. Selain daripada itu didukung jumlah kapasitas limbah kulit udang yang berlimpah di Sumatera selatan. Menurut RMOL SUMSEL, 2014 “Daerah Ogan Komering Ilir menghasilkan 31 ribu ton udang yang dihasilkan dari hasil petani tambak dari 2931 petani tambak dengan luas lahan bervariasi dan 20 % dari 31 ribu ton udang tersebut merupakan kulit udang”. Banyaknya udang yang dihasilkan dari

petani tambak tersebut, yang dimanfaatkan biasanya hanya daging udangnya saja sedangkan kulit udangnya dibuang.

Karakteristik Fisika dan Kimia Air Bersih

a. Karakteristik Fisika

1. Kekeruhan

Air yang keruh disebabkan oleh adanya butiran-butiran koloid dari bahan tanah liat. Semakin banyak kandungan koloid, maka air akan semakin keruh. Kekeruhan yang terjadi pada air disebabkan karena air mengandung bahan suspensi yang dapat menghambat sinar menembus air dan berbagai macam partikel yang bervariasi ukurannya mulai koloid sampai yang kasar (Saputri, 2011).

2. Tidak Berwarna

Penyebab warna dalam air adalah sisa-sisa bahan organik seperti daun dan kayu yang telah membusuk. Zat besi kadang-kadang juga sebagai penyebab warna yang memiliki potensi sangat tinggi. Air permukaan yang berwarna kuat biasanya disebabkan oleh partikel tersuspensi yang berwarna. Air untuk keperluan rumah tangga harus jernih, air yang berwarna berarti mengandung bahan-bahan lain yang berbahaya bagi kesehatan (Ridhaton, 2013).

3. Bau

Kualitas air bersih yang baik adalah tidak berbau, karena bau ini dapat ditimbulkan oleh pembusukan zat organik seperti bakteri serta kemungkinan akibat tidak langsung dari pencemaran lingkungan, terutama sistem sanitasi. Air yang baik memiliki ciri tidak berbau bila dicium dari jauh maupun dari dekat. Air yang berbau busuk mengandung bahan-bahan organik yang sedang mengalami dekomposisi (Penguraian) oleh mikroorganisme air (Wulan, 2005).

4. Rasa

Rasa pada air biasanya berhubungan dengan bau yang tercium. Air yang baik biasanya tidak memiliki rasa. Bau dan rasa umumnya terjadi secara bersamaan dan biasanya disebabkan oleh adanya bahan-bahan organik yang membusuk serta persenyawaan-persenyawaan kimia seperti fenol. Rasa dapat ditimbulkan karena adanya zat organik atau bakteri atau unsur

lain yang masuk ke badan air. Secara fisika, air dapat dirasakan oleh lidah (Rahayu, 2011).

5. Suhu

Secara umum, kenaikan suhu perairan akan mengakibatkan kenaikan aktivitas biologi sehingga akan membentuk O_2 lebih banyak lagi. Kenaikan suhu perairan secara alamiah biasanya disebabkan oleh aktivitas penebaran vegetasi di sekitar sumber air tersebut. Air yang baik memiliki temperatur yang sama dengan tempertur udara, yaitu berkisar antara 20-26°C (Setyanto, 2017).

b. Karakteristik Kimia

1. pH (*power of Hydrogen*)

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan pada suatu larutan. pH merupakan besaran fisis dan diukur pada skala 1 sampai 14. Bila $pH < 7$ larutan bersifat asam, $pH > 7$ larutan bersifat basa dan $pH = 7$ larutan bersifat netral (Muchamad Ngafifuddin, 2017).

2. *Conductivity*

Conductivity adalah daya hantar atau kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik. Daya hantar listrik suatu air tergantung dari banyaknya ion-ion yang terkandung dalam air tersebut. Air murni tidak menghantarkan arus listrik, tetapi larutan eletrolit seperti HCl, NaOH dan garam-garam mempunyai *conductivity* yang besar.

3. Silika

Silika merupakan unsur utama dari pasir atau tanah liat yang tidak larut dalam air. Kandungan silika terlarut dapat ditemukan dengan alat spectrophotometer oleh petugas laboratorium dan besarnya silika terlarut dalam air ketel dibatasi tergantung dari tekanan kerja ketel.

4. Fe

Besi adalah salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air. Logam Fe ditemukan dalam inti bumi berupa mineral hematit. Fe hampir tidak dapat ditemukan sebagai unsur bebas. Fe diperoleh dalam bentuk tidak murni sehingga harus melalui reaksi reduksi guna mendapatkan Fe murni

Intake Water Plant

Secara umum fungsi dari *Intake Water Plant* pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Indralaya adalah konstruksi pertama untuk masuknya air dari sumber air. Pada kontruksi Intake ini biasanya terdapat proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi dan desifeksi. Kemudian air akan di pompa ke unit *Water Treatment Plant* (WTP). *Water Treatment Plant* (WTP) pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Indralaya adalah mengolah air bersih menjadi air demineral yang mana hal ini digunakan untuk memproduksi uap yang bertekanan sebagai penggerak turbin uap. Air bersih berasal dari *Intake Water Plant*. Pada *Intake Water Plant*, air berasal dari sungai kelekar yang berada di desa tanjung seteko, dipompakan menuju *Reaction Basin* namun sebelum masuk ke *Reaction Basin* diinjeksi *Caustic Soda* (NaOH) yang berfungsi untuk mengendalikan tingkat keasaman atau pH. Lalu Tawas ($Al_2(SO_4)_3$) sebagai koagulan yang berfungsi untuk membentuk flok-flok pada kotoran-kotoran atau lumpur, kemudian *Anionic Polimer* sebagai flokulan berfungsi untuk mengabungkan flok-flok tersebut menjadi lebih besar dan lebih mudah untuk proses pengendapan, terakhir *Bioxide* yang berfungsi untuk membunuh bakteri dan mikroorganisme dalam air, mikroorganisme dapat menimbulkan masalah karena dapat menyebabkan *scaling* dan korosi serta pertumbuhan lumut sehingga dapat merusak peralatan proses. Lalu air di alirkan ke Bak Sedimen yang berfungsi untuk memisahkan antara air jernih dengan gumpalan-gumpalan zat padat. Air yang sudah jernih dialirkan ke *Precleaning Water Basin* sedangkan zat padat dialihkan ke Bak *Shurry*. Air di *Precleaning Water Basin* dialirkan ke *Clear Pond* dan dipompakan ke *Raw Water Tank* namun sebelumnya diinjeksi anti korosi.

Koagulan Kimia

Beberapa jenis koagulan kimia yang dapat digunakan untuk pengolahan air di antaranya :

a. **Aluminium Sulphate (Alum)**

Alum merupakan salah satu koagulan yang paling lama dikenal dan paling luas digunakan. Alum dapat dibeli dalam bentuk likuid dengan konsentrasi 8,3% atau dalam bentuk kering (bisa berupa balok, granula, atau bubuk) dengan konsentrasi 17%. Alum padat akan langsung larut dalam air tetapi larutannya bersifat korosif terhadap aluminium, besi, dan beton sehingga tangki-tangki dari bahan-bahan tersebut membutuhkan lapisan pelindung. Rumus kimia alum

adalah $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ tetapi alum yang disuplai secara komersial kemungkinan hanya memiliki 14 H_2O . Ketika ditambahkan ke dalam air, alum bereaksi dengan air dan menghasilkan ion-ion bermuatan positif. Ion-ion dapat bermuatan +4 tetapi secara tipikal bermuatan +2 (bivalen). Ion-ion bivalen 30-60 kali lebih efektif dalam menetralkan muatan-muatan partikel dibanding ion-ion yang bermuatan +1 (monovalen).

Jar Test

Jar Test merupakan percobaan proses pengolahan air dan air limbah untuk menentukan kondisi operasi optimum yang dilakukan dengan skala laboratorium. Metode jar test dengan dibubuhkannya koagulan ke sampel untuk dilakukan pengadukan di laboratorium yang berguna untuk mensimulasi kondisi pengadukan. Alat ini memberikan keefektifitasan pada intensitas pengadukan dan waktu pengadukan sehingga mempengaruhi ukuran flok dan densitas. Selain itu juga dapat digunakan untuk menguji beberapa variasi dosis koagulan yang sesuai dengan mengatur juga kecepatan dan waktu pengadukan.

Prinsip kerja jar test adalah membuat air sungai bergerak berputar searah. Perputaran tersebut dilakukan dengan dua tipe kecepatan yaitu kecepatan tinggi yang digunakan untuk memisahkan partikel dengan cairan (destabilisasi) dan kecepatan lambat digunakan untuk membentuk flok-flok. Dimana sebelum dilakukan pengadukan ditambahkan suatu senyawa pada air sungai, yaitu senyawa koagulan. Pengadukan dilakukan selama beberapa menit. Kemudian air sungai dibiarkan untuk mengendapkan flok-flok yang telah terbentuk (Satterfield, 2005).

Limbah Kulit Udang

Udang merupakan salah satu bahan pangan sumber protein hewani yang mempunyai nilai gizi tinggi. Udang merupakan hasil laut di Indonesia yang sebagian dikonsumsi dan sebagian lagi diekspor berupa bahan mentah yang telah dibekukan. Dengan demikian jumlah bagian yang terbuang yang berasal dari usaha pembekuan udang cukup tinggi. Limbah tersebut berupa kulit, kepala ekor maupun kaki udang. Di negara maju seperti Amerika dan Jepang limbah udang dimanfaatkan di dalam industri sebagai bahan dasar pembuatan kitin dan kitosan.

Kitin dan kitosan dalam industri modern sangat luas penggunaannya. Senyawa kitin dan turunannya kitosan telah diproduksi untuk tujuan komersial. Umumnya masyarakat yang mengkonsumsi udang yang diperoleh atau dibeli di

pasaran dalam bentuk dagingnya saja, sedangkan kulit kepala dan ekornya telah dipisahkan, sehingga para pedagang di pasar hanya menumpukkan limbah yang dihasilkan tersebut. Hal ini dapat mengganggu kenyamanan, bau dan estetika lingkungan di sekitar pasar tersebut. Kitin dan kitosan dengan segala turunannya dapat dimanfaatkan dalam bidang kesehatan dan pengolahan air limbah. Limbah udang masih merupakan masalah yang perlu dicari upaya pemanfaatannya. Hal ini akan memberikan nilai tambah pada usaha pengolahan udang, juga dapat menanggulangi masalah pencemaran lingkungan yang diakibatkannya

Kandungan Limbah Kulit Udang

Tabel 2.1 Kandungan Kulit Udang

Nama	Persentase
Protein	25%-40%
Kitin	45%-50%
Kalsium Karbonat	15%-20%

Sumber : Kandungan Kulit Udang. Margonof. 2003

Kandungan kitin yang cukup tinggi sangat berpotensi untuk diolah menjadi kitosan. Oleh karena itu, perlu adanya pemanfaatan lain dari limbah udang menjadi sebuah produk yang dapat bernilai ekonomis tinggi seperti kitosan yang dapat dibuat dari kepala, kulit, dan ekor udang.

Kulit udang memiliki kandungan kalsium dan fosfor yang tinggi. Kandungan pada kulit udang diduga bersumber dari lapisan kalsium karbonat ($CaCO_3$) yang melindungi tubuh udang (Margonof. 2003).

Kitin dan Kitosan

Kitin adalah biopolimer alami yang dapat diperoleh di laut dan daratan. Kitin merupakan bagian konstituen organik yang sangat penting pada kerangka hewan golongan arthropoda, mollusca, nematoda, crustasea, beberapa kelas serangga dan jamur. Kitosan adalah poliglukosamin yang dihasilkan dari kitin dengan proses deasetilasi menggunakan suhu tinggi dan alkali berkonsentrasi tinggi. Kitin dan kitosan merupakan senyawa golongan karbohidrat yang dihasilkan dari limbah laut, khususnya golongan udang, kepiting, ketam dan kerang. Kitin juga merupakan komponen organik penting penyusun kerangka krustacea, insekta dan moluska serta penyusun dinding sel mikroba. Kitin dapat ditemukan pada limbah udang dan rajungan masing-masing sebesar 14-27% dan 13-15% (berat kering) (Angka & Suhartono, 2000).

Proses Pembuatan Kitosan Kulit Udang

a. Proses Deproteinasi

Proses deproteinasi bertujuan menghilangkan protein dari limbah kulit udang tersebut. Protein ini dapat mencapai 30-40% berat bahan organik kulit udang. Penggunaan larutan NaOH 5% dengan pemanasan 65°C selama 1 jam dapat dilakukan sebagai alternatif deproteinasi dengan perbandingan limbah kulit udang yang kering dan larutan sebesar 1:10. Selama proses, larutan alkali akan masuk ke celah-celah limbah udang untuk memutuskan ikatan antara kitin dan protein. Ion Na^+ akan mengikat ujung rantai protein menjadi Na-proteinat yang selanjutnya dapat dipisahkan kembali dengan menurunkan pH karena terjadi pengendapan natrium (Angka & Suhartono, 2000).

b. Proses Demineralisasi

Demineralisasi yaitu penghilangan mineral yang terdapat dalam bahan yang mengandung kitin. Penghilangan mineral tersebut terutama kandungan kalsiumnya dilakukan dengan penambahan asam seperti asam klorida (HCl), asam sulfat (H_2SO_4), dan asam sulfit (H_2SO_3). Proses demineralisasi akan berlangsung sempurna dengan mengusahakan agar konsentrasi asam yang digunakan serendah mungkin dan disertai pengadukan yang konstan, dengan pengadukan yang konstan diharapkan dapat menciptakan panas yang homogen sehingga asam yang digunakan tersebut dapat bereaksi sempurna dengan bahan baku yang digunakan. Produk akhir dari proses demineralisasi dan deproteinasi tersebut adalah kitin (Karmas, 1982).

c. Proses Deasetilasi

1. Pembuatan kitosan yaitu dengan cara penghilangan gugus asetil ($-\text{COCH}_3$) dari kitin yang dilakukan dengan menggunakan larutan NaOH pekat (50%) dengan perbandingan 1:10 selama 4 jam pada suhu 100°C. Suhu yang tinggi (100°C) dan konsentrasi NaOH yang tinggi (50%) berkaitan dengan ikatan kuat antara atom nitrogen pada gugus amina dengan gugus asetil. Banyaknya gugus asetil yang hilang dari polimer kitin, maka akan semakin

meningkatkan interaksi antar ion dan ikatan hidrogen dari kitosan. Terjadi reaksi antara NaOH dengan gugus N-asetil pada kitin (rantai C-2) yang akan menghasilkan Na-asetat dan substitusi gugus asetil dengan gugus amina (NH_2^-) selama berlangsungnya proses ini (Suptijah dkk, 1992).

2. METODELOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan sampel air sungai pada penelitian ini berasal dari Sungai Kelekar Indralaya. Penelitian terhitung mulai dari tanggal 09 juli 2021 s/d 13 juli 2021 dilakukan di Laboratorium Politeknik Akamigas Palembang dan 12 Aguatus 2021 s/d 15 agustus 2021 di Laboratorium (Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap) PLTGU Indralaya

Persiapan sampel air

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air keruh yang diperoleh dari air sungai kelekar di desa tanjong seteko Kec. Indralaya Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan. Sampel air diambil dengan menggunakan botol plastik kemudian dicelupkan ke dalam air hingga terisi penuh, Sampel dibawa ke laboratorium untuk pengukuran dan analisis selanjutnya. Sebelum dilakukan pengerjaan sampel lebih lanjut dilakukan pengukuran pH, Conductivity, Turbidity, Silika dan Fe terlebih dahulu.

Pembuatan Biokoagulan

Siapkan kulit udang kemudian di bersihkan dan dikeringkan. Kulit udang yang telah bersih dan kering dihaluskan menggunakan *blender*, kemudian serbuk kulit udang dideproteinasi. Proses deproteinasi dilakukan dengan cara serbuk kulit udang dimasukkan ke dalam gelas beaker dan ditambahkan larutan NaOH 5% 1:10, kemudian serbuk dan larutan NaOH 5% dipanaskan pada suhu 65°C selama 1 jam. Serbuk hasil demineralisasi kemudian disaring dan dinetralkan menggunakan aquades dengan cara membasuh serbuk sembari mengukur pH larutan serbuk tersebut.

Selanjutnya adalah proses demineralisasi. Hasil deproteinasi yang sudah netral ditambahkan dengan larutan HCl 1 M 1:15, larutan dan serbuk dipanaskan pada suhu 65°C selama 2 jam, kemudian serbuk hasil demineralisasi disaring dan dinetralkan menggunakan aquades dengan membasuh serbuk sembari mengukur pH larutan serbuk tersebut. Dari proses demineralisasi maka akan dihasilkan kitin. Pembuatan kitosan dari pengisolasian kitin dilakukan dengan proses deasetilasi, yaitu serbuk kitin

direndam menggunakan larutan NaOH 50% 1:10, dan dipanaskan pada suhu 100°C selama 4 jam. Serbuk hasil deasetilasi disaring dan dinetralkan menggunakan aquades dengan membasuh serbuk sembari mengukur pH larutan serbuk tersebut. Serbuk kulit udang hasil deasetilasi merupakan kitosan. Biokoagulan cair dibuat dengan melarutkan kitosan dari kulit udang sebanyak 1 gram lalu dilarutkan ke dalam 100 ml larutan asam asetat 1%.

Proses Koagulasi dan Flokulasi Menggunakan Jar Tes

a. Bahan

1. Sampel air sungai kelekar
2. Koagulan kulit udang dosis 100 mg/l dan 150 mg/l.

b. Peralatan

1. Jar Test
2. Gelas Beker 500 ml
3. Gelas Ukur 10 ml dan 500 ml

c. Prosedur Pengujian

1. Dituangkan masing-masing 500 ml sampel sungai lematang ke dalam 3 gelas beker dan diberi label.
2. Ditambahkan koagulan lidah buaya dengan dosis 25 ml, 50 ml dan 75 ml pada gelas beker.
3. Dinyalakan *jar test*.
4. Diletakkan masing-masing sampel ke alat uji dengan posisi *paddle* terendam sampel dan berjarak 6,4 mm dari dinding gelas beker.
5. Diatur kecepatan pengadukan 200 rpm (koagulasi) dan ditunggu selama 2 menit.
6. Diturunkan kecepatan pengadukan menjadi 30 rpm dan ditunggu selama 20 menit.
7. Didiamkan sampel selama 30 menit agar partikel flok mengendap.
8. Dilakukan pengujian 3 kali perlakuan agar mendapatkan hasil yang akurat.
9. Setelah itu dilakukan pengukuran pH, Conductivity, Turbidity, Silika dan Fe

Analisis Data

Pengujian pH

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan pada suatu larutan. pH merupakan pengukuran aktifitas ion hidrogen secara potensiometri atau elektrometri dengan menggunakan pH meter.

a. Bahan :

1. Sampel Air Sungai kelekar

2. Air dari proses koagulasi-flokulasi

b. Peralatan :

1. pH meter dengan perlengkapannya
2. Gelas beker 200 ml
3. Tisu

c. Prosedur Kerja :

1. Tekan On
2. Bilas probe elektroda pH meter dengan air demin
3. Ambil sampel air 200 ml
4. Celupkan probe elektroda ke *beaker glass* berisi air sampel
5. Tekan *read*
6. Tunggu sampai *stabilizing* terkunci (*lock*)
7. Catat hasil yang tertera di monitor

Pengujian Conductivity

Conductivity adalah mengukur kemampuan air untuk melewatkan aliran listrik. kemampuan ini langsung berhubungan ke konsentrasi ion di air. campuran yang terlarut kedalam ion juga disebut dengan elektrolit. Makin banyak ion yang muncul, makin tinggi *conductivity* dari air begitu pun sebaliknya.

a. Bahan :

1. Sampel Air Sungai kelekar
2. Air dari proses koagulasi-flokulasi

a. Peralatan :

1. *Conductivity* meter dengan perlengkapannya
2. Gelas beker 200 ml
3. Tisu

b. Prosedur kerja :

1. Tekan On
2. Bilas probe elektroda *conductivity* meter dengan air demin
3. Ambil sampel air 200 ml
4. Celupkan probe elektroda ke *beaker glass* berisi air sampel
5. Tekan *read*
6. Tunggu sampai *stabilizing* terkunci (*lock*)
7. Catat hasil tertera di monitor

Pengukuran Turbidity (Kekeruhan)

Kekeruhan pada air disebabkan oleh adanya materi tersuspensi, seperti tanah liat/lempung, endapan lumpur, partikel organik yang koloid, plankton dan organisme mikroskopis lainnya

a. Bahan

1. Sampel Air Sungai kelekar
2. Air dari proses koagulasi-flokulasi

a. Peralatan

1. *Turbidity* Meter

2. *Cell* Tabung Gelas

b. Prosedur kerja

1. Tekan ON.
2. Bilas *cell* tabung gelas dengan sampel air yang akan di analisa.
3. Masukkan sampel air 10 ml ke dalam *cell* tabung gelas.
4. Keringkan *cell* tabung gelas dengan *tissue*.
5. Masukkan *cell* tabung gelas sampel ke holder.
6. Tekan Read
7. Hasil Tertera di monitor.
8. Catat hasil yang ditunjukkan.

Pengujian Silika

Silika merupakan unsur utama dari pasir atau tanah liat yang tidak larut dalam air. Kandungan silika terlarut dapat ditemukan dengan alat *spectrophotometer* oleh petugas laboratorium dan besarnya silika terlarut dalam air ketel dibatasi tergantung dari tekanan kerja ketel.

a. Bahan :

1. Sampel Air Sungai kelekar
2. Air dari proses koagulasi-flokulasi
3. *Reagent* 1 (Larutan Molydate)
4. *Reagent* 2 (Asam Citrit)
5. *Reagent* 3 (Asam Amino)

a. Peralatan :

1. *Spectrophotometer* dengan perlengkapannya
2. *Beaker Glass* 200 ml

b. Prosedur kerja :

1. Tekan tombol On pada alat spektrofotometer.
2. Pada main menu pilih '*Favorit Program*' kemudian pilih "LR Silika".
3. Pilih menu start timer.
4. Siapkan larutan blanko (air demin) dan (larutan yang akan dianalisa) ke dalam *cell* 10 ml.
5. Masukkan *Reagent* 1 (Larutan Molydate) sebanyak 14 tetes ke dalam larutan blanko dan larutan yang akan dianalisa, kemudian tekan *timer* Dan tunggu selama 4 menit.
6. Masukkan *Reagent* 2 (Asam Citrit) ke dalam larutan blanko dan larutan yang akan dianalisa dan tekan timer dan tunggu selama 1 menit
7. Masukkan *Reagent* 3 (Asam Amino) kedalam larutan yang akan dianalisa, kemudian tekan timer dan tunggu selama 2 menit (catatan : larutan blanko tanpa reagent 3)

8. Masukkan *cell* yang berisi larutan blanko ke dalam spektrofotometer, kemudian tekan 'zero'
9. Masukkan *cell* yang berisi larutan yang akan di analisa, kemudian tekan 'read'
10. Catat hasil yang ada di monitor

Pengujian Fe

Besi terlarut dalam air dapat berbentuk kation ferro (Fe^{2+}) atau kation ferri (Fe^{3+}). Hal ini tergantung kondisi pH dan oksigen terlarut dalam air. Besi terlarut dapat berbentuk senyawa tersuspensi sebagai butir koloidal seperti $\text{Fe}(\text{OH})_3$, FeO , Fe_2O_3 , dan lain-lain (Ronquillo, 2009).

a. Bahan :

1. Sampel Air Sungai kelekar
2. Air dari proses koagulasi-flokulasi
3. *Reagent (Ferrover)*

b. Peralatan :

1. Spektrofotometer dengan perlengkapannya
2. *Beaker Glass* 200 ml
3. Tisu

c. Prosedur Kerja :

1. Tekan tombol ON pada alat spektrofotometer.
2. Pilih program nomor 33, kemudian tekan *enter*.
3. Pilih menu *start timer*.
4. Siapkan larutan blanko (air demin) dan larutan yang akan dianalisa ke dalam masing-masing *cell* sebanyak 10 ml.
5. Masukkan *Reagent (Ferrover)* kedalam larutan yang akan dianalisa, kemudian tekan *timer* dan tunggu selama 3 menit.
6. Masukkan *cell* yang berisi larutan blanko (air demin) kedalam spektrofotometer, kemudian tekan "zero".
7. Masukkan *cell* yang berisi larutan yang akan dianalisa tadi, kemudian tekan "read".
8. Catat hasil yang tampil di monitor

(Sumber : *Laboratorium PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pusat Listrik Indralaya, 2021*)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Air Sungai Kelekar

Adapun data hasil pengujian air sungai yang akan digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut .

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Air Sungai Kelekar

Parameter	Hasil	Satuan
Ph	5.8	-
Conductivity	398	uS/cm
Turbidity	11.2	NTU
Silika	5.6	ppm
Fe	3.1	ppm

Sumber : Laboratorium PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pusat Listrik Indralaya, 2021.

Data Hasil Pengujian Biokoagulan Kulit Udang

Data hasil analisa setelah ditambah koagulan kulit udang (Tabel 4.2) sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian setelah ditambah koagulan kulit udang

Dosis	Kecepatan pengadukan	Waktu pengadukan	pH	Conductivity (uS/cm)	Turbidity	Silika	Fe
100 mg/l	200 rpm	60 detik	7.5	192	1.2	2.6	0.7
150 mg/l			7.2	358	5.6	3.8	1.7

Data Hasil Pengujian Biokoagulan Kulit Udang

Data hasil analisa setelah ditambah Aluminium Sulfat (Tabel 4.3) sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian setelah ditambah Aluminium Sulfat

PEMBAHASAN

Air Sungai

Air sungai Kelekar yang terletak di Desa Tanjung Seteko Kec. Indralaya Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan adalah sampel yang digunakan pada penelitian ini. Selain sebagai sumber air yang digunakan oleh masyarakat sekitar untuk keperluan sehari-hari juga digunakan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Indralaya, dimana air sungai di pompa ke unit intake water plant yang dimana hasil akhirnya menjadi air bersih. Air bersih tersebut digunakan untuk menjadi air demineral yang berfungsi untuk proses Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU), pemakaian sehari-hari unit dan *fire fighting* (pemadaman kebakaran).

Setelah dilakukan pengujian terhadap air sungai di dapatkan hasil parameter pH adalah 4,8

untuk parameter *conductivity* adalah 398 uS/cm untuk parameter *turbidity* adalah 11,2 NTU untuk parameter silika 5,1 ppm dan untuk parameter Fe adalah 3,1 ppm. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No 492 Tahun 2010 mengatakan bahwa standar baku mutu kualitas air pada air sungai “*Spesifikasi untuk parameter pH 6.5-8.5, parameter conductivity <500 uS/cm, parameter turbidity <5 NTU, parameter silika <5 ppm, parameter Fe <2 ppm*”. Berdasarkan data diatas untuk parameter *conductivity* saja yang sesuai dengan spesifikasi Peraturan Menteri Kesehatan RI No 492 Tahun 2010 dan dinyatakan *On Spec.* pada parameter pH, turbidity, silika dan Fe tidak sesuai dengan spesifikasi Peraturan Menteri Kesehatan RI No 492 Tahun 2010 dan dinyatakan *Off Spec* maka dari itu dibutuhkan suatu pengolahan terlebih dahulu untuk menaikan dan mengurangi kadar terhadap parameter tersebut.

Pengaruh penggunaan Kulit Udang sebagai Koagulan terhadap pH (Power Of Hydrogen)

pH (*power of Hydrogen*) merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan pada air. Jumlah ion H⁺ dan ion OH⁻ dalam air dapat digunakan untuk menentukan pH air, semakin banyak ion H⁺ maka semakin kuat sifat asamnya, sebaliknya begitu semakin banyak ion OH⁻ maka semakin kuat sifat basanya. Pengujian pH pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Indralaya

Dosis	Kecepatan pengadukan	Waktu pengadukan	pH	Conductivity (uS/cm)	Turbidity	Silika	Fe
100 mg/l	200 rpm	60 detik	6.8	287	6.3	5.1	1.8
150 mg/l			7.0	246	1.8	3.4	0.9

menggunakan metoda ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 & SMK3. Berdasarkan dosis ketetapan yang digunakan di PLTGU Indralaya adalah 100 mg/l dan 150 mg/l. Pada dosis 100 mg/l dengan menggunakan koagulan Aluminium Sulfat berdasarkan data hasil dari PLTGU Indralaya yakni 6,8 dan pada dosis 75 ml yakni 7,0. Sedangkan penggunaan pada koagulan Kulit Udang pH nya mengalami peningkatan yakni pada dosis 100 mg/l pH nya 7,5 pada dosis 150 mg/l pH nya 7,2. Berdasarkan spesifikasi PT. PLN (Persero) UPGK Keramasan Unit Layanan Pusat Listrik Indralaya tahun 2008 menyatakan bahwa “*Spesifikasi untuk parameter pH pada Raw Water atau Air Bersih 6-8*”. Data diatas telah memenuhi spesifikasi berarti bisa

dinyatakan *On Spec*. Maka dari itu penggunaan limbah kulit udang sebagai koagulan dapat dikatakan efektif.

Apabila pH *Raw Water* atau air bersih kurang dari 6 berarti air tersebut berupa asam, mengandung padatan rendah, dan akan terjadi korosif. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada pipa, selain itu juga menimbulkan rasa yang asam, noda pada kloset, serta menimbulkan dampak buruk pada kesehatan. Sedangkan untuk air dengan pH tinggi atau diatas 8 berupa basa. Air tersebut tidak terlalu berdampak buruk pada kesehatan, akan tetapi dapat menimbulkan masalah berupa rasa basa pada air. Oleh karena itu, hasil dari pengujian pH tersebut harus memenuhi spesifikasi dari PT. PLN (Persero) UPRD Keramasan Unit Layanan Pusat Listrik Indralaya yang telah ditentukan.

Pengaruh penggunaan Kulit Udang sebagai Koagulan terhadap Conductivity

Conductivity adalah daya hantar atau kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik. Daya hantar listrik suatu larutan/air tergantung dari banyaknya ion-ion yang terkandung dalam air/larutan tersebut. Air murni tidak menghantarkan arus listrik, tetapi larutan elektrolit seperti HCl, (NaOH) dan garam-garam mempunyai *conductivity* yang besar. Prinsip kerja pada alat ini adalah banyaknya ion yang terlarut dalam contoh air berbanding lurus dengan daya hantar listrik. Pengujian *conductivity* menggunakan *conductivity* meter.

Berdasarkan dosis ketetapan yang digunakan di PLTGU Indralaya adalah 100 mg/l dan 150 mg/l. Pada dosis 100 mg/l dengan menggunakan koagulan aluminium sulfat berdasarkan data hasil dari PLTGU Indralaya yakni 287 dan pada dosis 150 mg/l yakni 246. Sedangkan penggunaan pada koagulan kulit udang *conductivity* nya mengalami penurunan yakni pada pada dosis 100 mg/l mendapatkan hasil 192 uS/cm, pada dosis 150 mg/l mendapatkan hasil 358 uS/cm. Berdasarkan spesifikasi PT. PLN (Persero) UPRD Keramasan Unit Layanan Pusat Listrik Indralaya tahun 2008 menyatakan bahwa “*Spesifikasi untuk parameter Conductivity pada Raw Water atau air bersih <500 uS/cm*”. Berdasarkan pembahasan analisa diatas menyatakan bahwa hasil pengujian *Conductivity* untuk pada air sungai yang ditambah koagulan aluminium sulfat dan limbah kulit udang telah memenuhi spesifikasi (*On Spec*). Apabila

conductivity tersebut lebih dari 500 uS/cm maka resin yang digunakan untuk penukaran ion akan cepat jenuh, jadi akan selalu dilakukan regenerasi.

Pengaruh penggunaan Kulit Udang sebagai Koagulan terhadap Turbidity

Kekeruhan (*turbidity*) adalah keadaan dimana transparansi suatu zat cair berkurang akibat kehadiran zat-zat tidak terlarut. Sebagaimana kita ketahui, air keruh merupakan salah satu ciri air yang tidak bersih dan tidak sehat. Air yang keruh disebabkan oleh adanya butiran-butiran koloid dari bahan tanah liat. Semakin banyak kandungan koloid, maka air akan semakin keruh. Kekeruhan yang terjadi pada air disebabkan karena air mengandung bahan suspensi yang dapat menghambat sinar menembus air dan berbagai macam partikel yang bervariasi ukurannya mulai koloid sampai yang kasar (Saputri, 2011).

Berdasarkan dosis ketetapan yang digunakan di PLTGU Indralaya adalah 100 mg/l dan 150 mg/l. Pada dosis 100 mg/l dengan menggunakan koagulan Aluminium Sulfat berdasarkan data hasil dari PLTGU Indralaya yakni 6,3 NTU dan pada dosis 150 mg/l yakni 1,8 NTU. Sedangkan penggunaan pada koagulan Kulit Udang *Turbidity* nya mengalami penurunan yakni pada dosis 100 mg/l *Turbidity* nya 1,2 pada dosis 150 mg/l *Turbidity* nya 5,6. Berdasarkan spesifikasi PT. PLN (Persero) UPRD Keramasan Unit Layanan Pusat Listrik Indralaya tahun 2008 menyatakan bahwa “*Spesifikasi untuk parameter pH pada Raw Water atau Air Bersih <2 NTU*”. Data diatas telah menunjukkan untuk koagulan Aluminium Sulfat pada dosis 100 mg/l tidak memenuhi spesifikasi berarti bisa dinyatakan *Off Spec* dan pada dosis 150 mg/l memenuhi spesifikasi berarti bisa dinyatakan *On Spec*. dan untuk koagulan Kulit Udang pada dosis 100 mg/l memenuhi spesifikasi berarti bisa dinyatakan *On Spec* dan pada dosis 150 mg/l tidak memenuhi spesifikasi berarti bisa dinyatakan *Off Spec*. dari data diatas bisa di lihat bahwa dosis yang digunakan limbah kulit udang lebih sedikit untuk mencapai nilai *On Spec*. Oleh karena dari itu penggunaan limbah kulit udang sebagai koagulan dapat dikatakan efektif. Apabila *turbidity* pada air bersih atau *raw water* lebih dari 2 NTU dapat menyebabkan terbentuknya deposit (kerak) dan sangat mempengaruhi proses tersebut. Cara menghilangkannya dapat dilakukan dengan proses koagulasi, pengendapan, dan filtrasi.

Pengaruh penggunaan Kulit Udang sebagai Koagulan terhadap Silika

Silika merupakan unsur utama dari pasir atau tanah liat yang tidak larut dalam air. Kandungan silika terlarut dapat ditemukan dengan alat *spectrophotometer* oleh petugas laboratorium dan besarnya silika terlarut dalam air ketel dibatasi tergantung dari tekanan kerja ketel. Berdasarkan dosis ketetapan yang digunakan di PLTGU Indralaya adalah 100 mg/l dan 150 mg/l. Pada dosis 100 mg/l dengan menggunakan koagulan Aluminium Sulfat berdasarkan data hasil dari PLTGU Indralaya yakni 5.1 ppm dan pada dosis 150 mg/l yakni 3.4 ppm. Sedangkan penggunaan pada koagulan Kulit Udang silika nya mengalami penurunan yakni pada pada dosis 100 mg/l mendapatkan hasil 2,6 ppm, pada dosis 150 mg/l mendapatkan hasil 3,8 ppm.

Berdasarkan spesifikasi PT. PLN (Persero) UPRD Keramasan Unit Layanan Pusat Listrik Indralaya tahun 2008 menyatakan bahwa "*Spesifikasi untuk parameter silika pada Raw Water 1-5 ppm*". Sesuai data di atas menunjukkan bahwa nilai silika pada koagulan aluminium sulfat dengan dosis 100 mg/l tidak memenuhi spesifikasi dan dinyatakan *Off Spec.* sedangkan untuk koagulan kulit udang dengan dosis 100 mg/l telah memenuhi spesifikasi dan dinyatakan *On Spec.* dan untuk koagulan Aluminium Sulfat dan koagulan Kulit Udang dengan dosis 150 mg/l telah memenuhi spesifikasi dan dinyatakan *On Spec.* melihat dari data diatas maka limbah kulit udang efektif untuk digunakan sebagai biokoagulan. Apabila kandungan silika melebihi batas spesifikasi maka akan menimbulkan kerak dan resin yang digunakan akan bekerja lebih keras sehingga resin tersebut cepat jenuh.

Pengaruh penggunaan Kulit Udang sebagai Koagulan terhadap Fe

Besi adalah salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air. Logam Fe ditemukan dalam inti bumi berupa hematit. Fe hampir tidak dapat ditemukan sebagai unsur bebas. Fe diperoleh dalam bentuk tidak murni sehingga harus melalui reaksi reduksi guna mendapatkan Fe murni (Widowati, 2008). Berdasarkan dosis ketetapan yang digunakan di PLTGU Indralaya adalah 100 mg/l dan 150 mg/l. Pada dosis 100 mg/l dengan menggunakan koagulan Aluminium Sulfat berdasarkan data hasil dari

PLTGU Indralaya yakni 1,8 ppm dan pada dosis 150 mg/l yakni 0.9 ppm. Sedangkan penggunaan pada koagulan Kulit Udang untuk dosis 100 mg/l adalah 0,7 ppm, dan untuk dosis 150 mg/l adalah 1,7 ml.

Berdasarkan spesifikasi PT.PLN (Persero) UPRD Keramasan Unit Layanan Pusat Listrik Indralaya tahun 2008 menyatakan bahwa "*Spesifikasi untuk parameter Fe pada Raw Water <1 ppm*". Sesuai data di atas menunjukkan bahwa nilai Fe pada koagulan aluminium sulfat dengan dosis 100 mg/l tidak memenuhi spesifikasi dan dinyatakan off spec. sedangkan pada dosis 150 mg/l telah memenuhi spesifikasi (on spec) sedangkan untuk koagulan kulit udang dengan dosis 100 mg/l telah memenuhi spesifikasi dan dinyatakan on spec. dan pada dosis 150 mg/l tidak memenuhi spesifikasi (*Off Spec.*). Dari data diatas dilihat bahwa penggunaan koagulan kulit udang lebih sedikit untuk mencapai nilai spesifikasi maka koagulan kulit udang bisa dibilang efektif. Apabila nilai Fe melebihi batas spesifikasi maka akan mengotori bak, wastafel dan kloset, selain itu juga bersifat korosif terhadap pipa dan akan mengendap pada saluran pipa sehingga mengakibatkan pembatuan. Oleh karena itu, hasil dari pengujian Fe tersebut harus memenuhi spesifikasi dari Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) yang telah ditentukan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Indralaya, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Limbah kulit udang bisa dijadikan biokoagulan karena dapat mengurangi kandungan nilai *Conductivity*, *Turbidity*, Silika, dan Fe pada air sungai lebih efektif dibandingkan Aluminium Sulfat.
2. Dilihat dari data yang ada biokoagulan kulit udang yang efektif digunakan yakni dengan dosis 100 mg/l dengan pH 7.5, *Conductivity* 192 uS/cm, *Turbidity* 1.2 NTU, Silika 2.6 ppm, dan Fe 0.7 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- Angka, SL dan Suhartono, MT. 2000. Bioteknologi Hasil-Hasil Laut. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. IPB.
- Bogor Bambang Sugiarto, 2007 "Perbandingan biaya penggunaan koagulan alum dan pac di ipa jurug PDAM Surakarta"

- Chun Yang Yin, 2010 “Emerging usage of plant-based coagulant for water and wastewater,” *Process Biochemistry*.
- Karmas, E. 1982. *Evaluasi Gizi Pada Pengolahan Bahan Pangan*. Penerjemah : S. Achmadi. ITB - Press, Bandung
- Kurniasih M, Kartika D. 2011. Sintesis dan karakterisasi fisika-kimia kitosan. *Jurnal Inovasi Laboratorium PT. PLN (Persero) UPDK Keramasan ULPL Indralaya*, 2008. *Standard Operating Procedure*. Palembang.
- Risdianto, D. 2007. *Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu*. Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro.
- Semarang RMOL SUMSEL, 2020 “Tambak Udang Di Sumatera Selatan” <https://www.rmolumsel.id/tag/tambak-udang>
- Ronquillo, 2009. *Studi Kandungan Logam Berat Besi (Fe) dalam Air*. <https://media.neliti.com/media/publications/91273-ID-studi-kandunganlogam-berat-besi-fe.pdf>
- Rumapea, Nurmida. 2009. *Penggunaan Kitosan dan Polyaluminium Chlorida (PAC) Untuk Menurunkan Kadar Logam Besi (Fe) dan Seng (Zn) Dalam Air Gambut*. Medan : Pascasarjana – USU
- Saputri, AW. 2011. *Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Babakan PDAM Tirta Kerta Raharja Kota Tangerang*. Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Indonesia. Depok