

## Efektivitas Adsorben Berbasis Alginat Dan Karbon Aktif Ampas Kopi Dalam Menurunkan Kadar Cod Limbah Cair Industri Tahu

Siti Nuraisyah<sup>1\*</sup>, Abdul Halim Daulay<sup>2</sup>, & Russell Ong<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi,  
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia

\*Email: sitinuraisyah1899@gmail.com

### ABSTRACT

Oxygen Demand (COD), requiring treatment before disposal into the environment. This study aims to evaluate the effectiveness of an adsorbent based on coffee waste-derived activated carbon and sodium alginate in reducing COD levels in tofu wastewater. The activated carbon used has been tested for quality and meets the Indonesian National Standard (SNI 06-3730-1995). The remediation process was conducted using five different adsorbent composition variations. The results showed that the combination of coffee waste-derived activated carbon and sodium alginate significantly reduced COD levels, achieving a maximum reduction efficiency of 90.55% at the optimum variation (Sample E). The adsorption mechanism involving alginate polymers and the porosity of activated carbon contributed to the effective removal of organic compounds from the wastewater. Based on the analysis, this method has proven to be effective in reducing COD levels, making it a potential environmentally friendly alternative for treating tofu industry wastewater.

**Keywords:** Adsorbent, Coffee Waste-derived, Activated carbon, Sodium alginate, COD, Tofu wastewater.

### PENDAHULUAN

Di Indonesia, kedelai telah diolah menjadi berbagai produk makanan bernilai tinggi, seperti tahu, tempe, kecap, tauco, oncom, dan susu kedelai [1]. Kedelai (*Glycine max* L) merupakan sumber protein yang sangat baik bagi hewan dan manusia, dan budidayanya memegang peranan penting di dunia dari sudut pandang ekonomi. Keunggulan kedelai disebabkan oleh adanya senyawa aktif biologis, seperti *isoflavan* dan *peptide* [2]. Industri limbah didirikan untuk mengembangkan kegiatan di bidang pangan yang berdampak positif dan negatif terhadap lingkungan. Dampak positif terhadap masyarakat dihasilkan dari industri pangan. sumbernya sendiri, sedangkan dampak negatif dari industri memerlukan pengetahuan tentang bahan limbah yang menyebabkan pencemaran dan kerusakan lingkungan dalam hal ini, pencemaran lingkungan dalam bentuk pembuangan limbah padat (dari tahu) terjadi bersamaan dengan limbah cair [3].

Tahu merupakan salah satu makanan dari kacang kedelai yang umum dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Tahu merupakan salah satu pilihan masyarakat dalam memenuhi kebutuhan protein nabati yang dibutuhkan oleh tubuh. dalam 100 gram tahu mengandung 7,8 gram protein. Dengan semakin banyaknya masyarakat yang mengkonsumsi tahu, maka semakin banyak pula produsen tahu. Produsen-produsen yang bermunculan memproduksi tahu dengan menggunakan metode dan alat yang sederhana. Hasil dalam prosesnya yang belum mengolah limbah pembuatan tahu. Limbah cair yang dihasilkan dari pengolahan tahu yang dibuang begitu saja ke perairan atau ke tanah akan menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan. Selain itu, limbah cair tersebut akan menimbulkan aroma yang tidak sedap karena kandungan bahan organik yang tinggi dan limbah tersebut juga dapat menimbulkan busa. Limbah tahu yang dibuang dalam bentuk limbah organik memiliki kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang tinggi. Semakin tinggi nilai COD dalam air, maka semakin tinggi pula tingkat pencemaran air. Hal ini akan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air dan akan mengancam kehidupan organisme yang ada dalam air [4].

*Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan parameter penting yang banyak digunakan dalam pemantauan air. COD mengukur oksigen yang dibutuhkan untuk memineralisasi kandungan organik sampel air dalam kondisi reaksi standar yang ditentukan. Aplikasi utamanya adalah pemantauan kualitas air, penilaian kontaminasi air limbah, dan pengelolaan instalasi pengolahan air limbah [5]. Pengukuran COD mengukur ekuivalen oksigen ( $\text{mg O}_2 \text{ dm}^{-3}$ ) dari kandungan bahan organik sampel, yang rentan terhadap oksidasi oleh oksidan kimia yang kuat (kalium permanganat

atau kalium dikromat). Kalium dikromat terutama digunakan untuk menilai kualitas air di badan air yang terkontaminasi sedang atau berat (seperti di pabrik pengolahan air limbah), sementara kalium permanganat sering digunakan sebagai oksidan untuk air yang relatif bersih (seperti air permukaan) [6].

Untuk mengatasi permasalahan limbah cair industri tahu, metode alternatif yang bisa diterapkan yaitu adsorpsi [7]. Adsorpsi adalah metode yang telah banyak digunakan untuk pemurnian dan pemisahan sepanjang sejarah. Adsorpsi adalah proses permukaan, menggunakan bahan padat berpori sebagai adsorben yang ditempatkan dalam cairan yang berinteraksi dengan komponen-komponennya, mengadsorpsi, melalui proses kimia atau fisika Adsorben tradisional seperti karbon aktif [8]. Adsorpsi tampaknya menjadi pendekatan alternatif yang menjanjikan karena efektivitas biaya dan kemampuannya untuk menghilangkan kontaminan tanpa menimbulkan toksisitas tambahan. Sejumlah pendekatan berbeda telah dikembangkan. Karbon aktif muncul sebagai adsorben pilihan, terutama bila berasal dari biopolimer alami atau produk limbah, menawarkan solusi berkelanjutan dan hemat biaya untuk pemurnian air. Produksi karbon aktif dari bahan baku murah yang tersedia dalam jumlah besar memungkinkan untuk membayangkan proses adsorpsi yang mudah diskalakan [9].

Kopi merupakan salah satu hasil pertanian yang melimpah, sekaligus salah satu yang terbanyak minuman yang banyak dikonsumsi di dunia. Sekitar enam juta ton padatan residu yang dikenal sebagai ampas kopi bekas/residu kopi [10]. Pemanfaatan limbah kopi melalui modifikasi menjadi karbon aktif telah dianggap sebagai adsorben berbiaya rendah. Produk sampingan kopi yang paling dievaluasi sebagai adsorben adalah ampas kopi, sekam kopi, dan ampas kopi. Ampas kopi telah diteliti untuk ekstraksi metabolit sekunder tanaman, penghilangan senyawa organik, logam berat, pestisida, sebagai pesaing karbon komersial untuk dekontaminasi air, dan sebagai media penyimpanan metana. Aktivasi kimia dan fisik adalah metode yang paling umum untuk sintesis karbon aktif menggunakan limbah kopi. Penggunaan langsung limbah kopi baru-baru ini dievaluasi untuk menghilangkan logam berat dari air limbah [11].

Bahan yang juga banyak digunakan sebagai adsorben untuk menyerap jenis logam berat adalah alginat [12]. Alginat adalah polisakarida alami yang diekstrak dari alga coklat dan mewarisi fitur-fitur menarik seperti tidak beracun, dapat terurai secara hayati, dan biokompatibel. Alginat juga kaya akan gugus karboksil dan hidroksil di sepanjang struktur polimernya yang menjadikannya kandidat terbaik untuk penghilangan logam berat dan radionuklida dari larutan berair. Faktanya, alginat telah banyak digunakan sebagai adsorben dengan efisiensi adsorpsi yang baik selain difungsionalisasikan dengan bahan lain untuk mengatasi keterbatasannya serta untuk meningkatkan kinerja penghilangan. Meskipun banyak literatur, belum ada tinjauan komprehensif tentang adsorben berbasis alginat untuk logam berat dan radionuklida yang tersedia untuk membahas pengembangan polimer, kondisi pengujian khusus, pengaruh parameter reaksi dan mekanisme dalam proses adsorpsi [13].

Pada penelitian ini digunakan adsorben berbasis alginat dan karbon aktif ampas kopi untuk menurunkan kadar COD limbah cair tahu.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan metode eksperimental secara kuantitatif dengan penyajian berbentuk data dan grafik. Pada proses remediasi limbah cair tahu ini menggunakan bahan berupa sodium alginat dan karbon aktif ampas kopi. Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober-November Tahun 2024. Proses remediasi dan filterisasi menggunakan centrifuge setelah itu dilakukan pengujian kadar COD. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu magnetic stirrer, magnetic bar, gelas beaker 1000 ml, centrifuge, botol sampel.

### Material

Sodium alginat, karbon aktif ampas kopi, HCl 0,1 M, Aquades, limbah cair tahu

### Tahap Pembuatan Karbon Aktif Ampas Kopi

Berikut merupakan langkah-langkah dalam pembuatan dan karakterisasi karbon aktif ampas kopi. Pembuatan karbon aktif menggunakan ampas kopi 2000 gram ampas kopi

menggunakan oven selama 2 jam pada suhu 105 °C. kemudian karbon aktif melalui proses karbonisasi menggunakan furnace pada suhu tinggi, yakni 350 °C selama 3,5 jam, Hasil proses karbonisasi disaring menggunakan ayakan berukuran 100 mesh, hitung jumlah karbon aktif dihasilkan. Setelah itu, karbon aktif mengalami proses diaktivasi secara kimia dalam larutan aktivator HCl 0,1 M selama 24 jam, untuk menghilangkan sisa HCl tersebut disaring dengan menggunakan kertas saring dan dicuci dengan air demineral (akuades) mencapai pH netral. Selanjutnya dikeringkan dalam oven dengan suhu 105 °C selama 4 jam. Kemudian karbon aktif yang telah diaktivasi selanjutnya dilakukan parameter pengujian yaitu kadar air, kadar abu, kadar zat penguap.

#### Tahap Pengujian Kualitas Limbah Cair Tahu Sebelum Proses Remediasi

Setelah proses aktivasi dilakukan tahap limbah cair tahu sebelum proses remediasi. Pengambilan sampel limbah cair tahu. Setelah itu, dilakukan pengujian kualitas limbah cair tahu merujuk pada COD. Setelah dilakukan pengujian tersebut maka dapat dilihat dari Standar Baku Mutu Air Limbah Pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014.

#### Tahap Pengujian Kualitas Limbah Cair Tahu Sesudah Proses Remediasi

berikut langkah-langkah dalam proses limbah cair tahu sesudah di remediasi: Siapkan gelas beaker berkapasitas 1 L yang berisi limbah cair tahu. Kemudian memasukan adsorbat berupa limbah cair tahu dan menambahkan adsorben sodium alginat dan karbon aktif ampas kopi. Variasi komposisi antara sodium Alginat dengan karbon aktif ampas kopi adalah sebagai berikut: Sampel A (30% : 70%), Sampel B (40% : 60%), Sampel C (50% : 50%), Sampel D (60% : 40%), dan Sampel E (70% : 30%). Setelah mencampurkan adsorben sodium alginat dan karbon aktif ampas kopi ke dalam limbah cair tahu. Dilakukan pengadukan menggunakan magnetic stirrer selama 40 menit. Setelah limbah cair tahu dengan adsorben tercampur secara homogen kemudian sampel dimasukkan kedalam tabung tube (tabung sentrifuge). Selanjutnya disusun rapi kedalam *centrifuge*. Kemudian *centrifuge* ditutup dan diatur dengan kecepatan 7500 rpm selama waktu 45 menit dan 15 menit. Parameter uji kualitas limbah cair tahu yaitu COD. Setelah dilakukan pengujian tersebut maka dapat dilihat dari Standar Baku Mutu Air Limbah Pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kualitas Sodium Alginat Dan Karbon Aktif Ampas Kopi Sebagai Adsorben Dalam Penurunan Kadar COD Pada Limbah Cair Tahu

Setelah menyelesaikan proses Karakterisasi karbon aktif ampas kopi dilakukan sesuai prosedur SNI 06-3730-1995 mengenai persyaratan karbon aktif teknis. Beberapa parameter uji yang dianalisis yaitu kadar air, kadar abu, kadar zat menguap dan kadar karbon. Hasil dari penelitian ampas kopi yang diperoleh dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Karakterisasi Karbon Aktif Ampas Kopi

Uji Parameter	Nilai Karbon Aktif Ampas Kopi (%)	SNI 06-3730-1995 (%)
Kadar Air	3,165	≤15
Kadar Abu	0,11	≤10
Kadar Zat Menguap	23,39	≤25
Kadar Karbon	76,5	≥65

Berdasarkan pada Tabel 1 hasil uji karbon aktif menunjukkan bahwa parameter uji kadar air, kadar abu, kadar zat menguap dan kadar karbon sudah sesuai dengan SNI 06-3730-1995 mengenai arang aktif teknis.

Data kualitas limbah cair tahu yang berasal dari Pabrik Tahu Sinar Maju di Kecamatan Rantau Utara, Kabupaten Labuhan Batu, Provinsi Sumatera Utara sebelum dilakukannya proses remediasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Data Kualitas Limbah Cair Tahu Sebelum Proses Remediasi

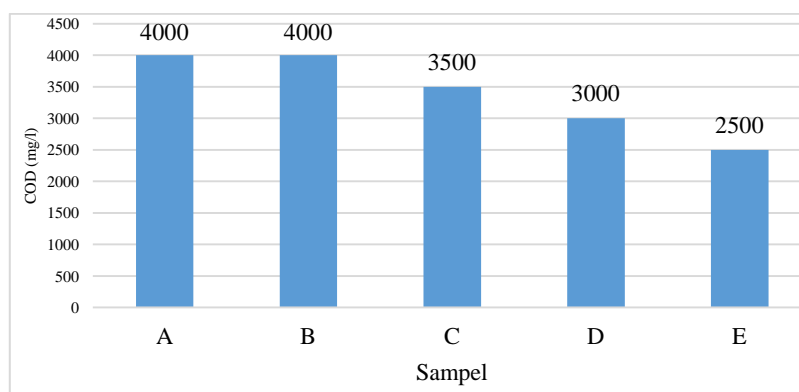
Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu
COD	36.000 mg/l	300 mg/l

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa parameter COD dalam limbah cair tahu tersebut bernilai sangat tinggi yang jelas melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Dalam penelitian ini, pengolahan limbah cair tahu dilakukan adsorpsi yang melibatkan sodium alginat dan karbon aktif ampas kopi. Dalam penelitian ini variasi waktu kontak 40 menit serta variasi dosis per sampel yang ditetapkan setiap sampel memiliki volume 1000 ml. Hasil yang didapatkan setelah proses pengujian kadar COD pada kelima sampel limbah cair tahu setelah proses remediasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kadar COD Sesudah Proses Remediasi

Sampel	Kadar COD (mg/l)	
	Sesudah Remediasi	Sebelum Remediasi
A	4.000	
B	4.000	
C	3.500	36.000
D	3.000	
E	2.500	

Pada Tabel 3 diperoleh nilai kadar COD limbah cair tahu dengan sampel A memperoleh nilai COD sebesar 4.000 mg/l, pada sampel B memperoleh nilai COD sebesar 4.000 mg/l, pada sampel C memperoleh nilai COD sebesar 3.500 mg/l, pada sampel D memperoleh nilai COD sebesar 3.000 mg/l, pada sampel E memperoleh nilai COD sebesar 2.500 mg/l. Secara keseluruhan dari kelima sampel dapat membuktikan bahwa mampu menurunkan kadar COD setelah adanya proses remediasi. Adapun grafik kadar COD dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Kadar COD Sesudah Proses Remediasi

Gambar 1 menunjukkan grafik kadar COD limbah cair tahu sesudah proses remediasi. Pada grafik di atas menunjukkan bahwasanya semakin meningkat variasi komposisi sodium alginat maka dapat menurunkan kadar COD pada limbah cair tahu hal ini disebabkan karena efektivitas sodium alginat dapat menurunkan kadar COD dalam limbah cair tahu melalui kombinasi mekanisme adsorpsi, pertukaran ion, ikatan hydrogen dan pembentukan kompleks dengan senyawa organik. Struktur hidrogelnya juga membantu menjebak polutan, sehingga meningkatkan efektivitas pemurnian limbah cair tahu hingga 70%-90% mampu menurunkan kadar COD pada limbah cair tahu tergantung pada konsentrasi adsorben, pH dan waktu pencampuran adsorben [14].

Penambahan karbon aktif ampas kopi juga dapat menurunkan kadar COD pada limbah cair tahu karena bahan-bahan organik pada limbah cair tahu diserap oleh karbon aktif ampas kopi,

sehingga jumlah bahan organik yang ada dalam air limbah akan berkurang. Hal ini membuat kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi bahan organik secara kimia juga akan berkurang, kebutuhan oksigen yang berkurang mengakibatkan nilai COD dalam air limbah cair juga akan semakin menurun. Pada proses remediasi yang terdapat pada arang aktif memiliki penurunan secara drastis, hal ini disebabkan karena pori-pori karbon aktif bekerja secara optimal untuk menyerap zat-zat organik yang menyebabkan terjadinya pencemaran COD. Hal ini sesuai dengan penelitian Kirani&Ali (2023) menyatakan bahwa meskipun kadar COD masih jauh dari standar baku mutu, penurunan tersebut dianggap cukup baik dari sebelum proses remediasi. Penurunan ini terjadi karena peningkatan jumlah adsorben yang digunakan diikuti dengan pertambahan luas permukaan adsorben yang digunakan sehingga adsorben dapat menyerap lebih banyak polutan. Hasil menunjukkan bahwa dosis optimum dengan penurunan paling besar terjadi ketika waktu proses pencampuran adsorben mencapai 40 menit [15].

### KESIMPULAN

Dapat diambil kesimpulan dari hasil penelitian bahwa karbon aktif ampas kopi dan sodium alginat memiliki potensi yang signifikan dalam mengatasi limbah cair tahu. Kualitas karbon aktif ampas kopi telah diuji dan hasil uji sudah memenuhi standar baku mutu SNI 06-3730-1995. Dalam penurunan kadar COD, dari kelima variasi komposisi proses remediasi limbah cair tahu dengan adsorben sodium alginat dan karbon aktif ampas kopi menunjukkan bahwa pada kondisi tersebut terlihat kemampuan penurunan kadar COD yang dihasilkan mencapai sekitar 93,05%. Dari kelima variasi komposisi penurunan kadar COD di variasi optimum pada sampel E, hal itu karena adanya mekanisme adsorpsi dari adsorben sodium alginat dan karbon aktif ampas kopi. Hasil analisis terhadap sampel limbah cair tahu menunjukkan bahwa proses remediasi yang diterapkan berhasil menurunkan kadar COD. Meskipun hasil remediasi limbah cair tahu sesudah proses remediasi tidak sepenuhnya memenuhi Permen LH RI No. 5 Tahun 2014 yang ditetapkan dalam regulasi lingkungan. Namun hasil penurunan kadar COD yang diperoleh proses remediasi berhasil menurunkan kadar COD. Hal ini menunjukkan bahwa metode remediasi tersebut memiliki potensi dalam memperbaiki kualitas limbah, meski masih memerlukan penyempurnaan agar sepenuhnya sesuai dengan standar yang berlaku.

### SARAN

Rekomendasi untuk penelitian berikutnya menggunakan teknik filtrasi vakum untuk memisahkan adsorben dan adsorbat dari limbah cair tahu.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Manto dan S. ' Padangyohanis, "Analisis Persediaan Bahan Baku Kedelai Pada Industri Tahu Mitra Cemangi Di Kecamatan Tatanga Kota Palu Analysis of Raw Material Supplies of Soybeans of Tofu Industry at Mitra Cemangi of Tatanga Subdistrict Palu City," e-J. Agrotekbis 3 (2) , hal. 261-270 April 2015.
- [2] A. Hamid, R. Linda, J. H. Hadari Nawawi, dan K. Barat, "Pertumbuhan Kedelai (Glycine Max [L.] Merrill) Varietas Anjasmoro Dengan Pemberian Biourin Kambing (Capra aegagrus hircus)," Protobiont Vol. 9 (1) , hal. 65-72, 2020.
- [3] B. Murwanto, F. Masra, dan D. Ginting, "The Decrease in BOD and COD in the Liquid Waste Industry Using Rapid Sand Filtration," hal. 232-249, 2020
- [4] W. Sukmawati dan Wijastuti, "The effectiveness of cod reduction in tofu waste using active mud and oxygenation methods," dalam *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing Ltd, hal. 1-6, Mei 2021. doi: 10.1088/1755-1315/755/1/012052.

- [5] S. Lambertz, M. Franke, M. Stelter, dan P. Braeutigam, "Determination of Chemical Oxygen Demand with electrochemical methods: A review," hal. 1-14, 15 Mei 2024, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.ceja.2024.100615.
- [6] L. Wojnárovits, R. Homlok, K. Kovács, A. Tegze, dan E. Takács, "Wastewater Characterization: Chemical Oxygen Demand or Total Organic Carbon Content Measurement?," *Molecules*, vol. 29, no. 2, hal. 1-12, Jan 2024, doi: 10.3390/molecules29020405.
- [7] R. Rasdiansyah, D. Darmadi, dan M. D. Supardan, "Optimasi Proses Pembuatan Karbon Aktif dari Ampas Bubuk Kopi Menggunakan Aktivator ZnCl<sub>2</sub>," *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, vol. 6, no. 3, hal. 54-58, Okt 2014, doi: 10.17969/jtipi.v6i3.2312.
- [8] C. V. Flores *dkk.*, "Spent coffee ground-calcium alginate biosorbent for adsorptive removal of methylene blue from aqueous solutions," *RSC Sustainability*, vol. 2, no. 1, hal. 239–246, Des 2023, doi: 10.1039/d3su00365e.
- [9] F. Aouay, A. Attia, L. Dammak, R. Ben Amar, dan A. Deratani, "Activated Carbon Prepared from Waste Coffee Grounds: Characterization and Adsorption Properties of Dyes," *Materials*, vol. 17, no. 13, hal. 1-20, Jul 2024, doi: 10.3390/ma17133078.
- [10] K. W. Jung, B. H. Choi, M. J. Hwang, T. U. Jeong, dan K. H. Ahn, "Fabrication of granular activated carbons derived from spent coffee grounds by entrapment in calcium alginate beads for adsorption of acid orange 7 and methylene blue," *Bioresour Technol*, vol. 219, hal. 185–195, Nov 2016, doi: 10.1016/j.biortech.2016.07.098.
- [11] G. A. Figueroa Campos *dkk.*, "Preparation of activated carbons from spent coffee grounds and coffee parchment and assessment of their adsorbent efficiency," *Processes*, vol. 9, no. 8, hal. 1-18, Agu 2021, doi: 10.3390/pr9081396.
- [12] Mushollaeni, W., & Rusdiana, E. Karakterisasi Natrium alginat dari *Sargassum sp.*, *Turbinaria sp.*, dan *Padina sp.* *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, Vol 22 No. 1 22, hal. 26-32, 2011.
- [13] Z. A. Sutirman, M. M. Sanagi, dan W. I. Wan Aini, "Alginate-based adsorbents for removal of metal ions and radionuclides from aqueous solutions: A review," 31 Maret 2021, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.ijbiomac.2021.01.150.
- [14] E. Kardena, H. G. Prabowo, dan & Qomarudin Helmy, "Imobilisasi Kultur Campuran Mikroba Dan Karakteristik Aktifitasnya Dalam Menurunkan Organik Dan Amoniak Pada Limbah Cair Domestik Immobilization Of Microbial Mix Culture And Characteristics Of Its Activity In Reducing Organic And Ammonia In Domestic Liquid Waste," Vol 26 No 1, Hal. 73-86, 2020.
- [15] R. Diah Kirani dan M. Ali, "Ampas Bubuk Kopi sebagai Karbon Aktif untuk Menurunkan Kadar COD dan TSS dalam Limbah Cair Industri Tempe", *Serambi Engineering*, Vol 8, No.4, hal. 7173-7179, Oktober 20223