



KOVALEN: Jurnal Riset Kimia

<https://bestjournal.untad.ac.id/index.php/kovalen>



Penurunan Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada Limbah Cair Industri Tahu Memanfaatkan Arang Aktif dari Pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis guenensis* Jacq.)

[Reducing Chemical Oxygen Demand (COD) Levels in Tofu Industrial Liquid Waste Using Activated Charcoal from Palm Oil (*Elaeis guenensis* Jacq.) Midribs]

Khairuddin, Ruslan✉, Muh.Ricky Arisandi M. Tahili, Dwi Juli Puspitasari, Indriani, Husain Sosidi, Prismawiryanti, Moh. Mirzan

Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tadulako
Jl. Soekarno-Hatta Km. 9, Tondo-Palu, Sulawesi Tengah

Abstract. Palm oil midribs (*Elaeis guenensis* Jacq.) are one of the wastes from palm oil plantations. The high carbon element composition in the palm oil midribs has the potential to be used as charcoal or activated carbon. Activated carbon can reduce COD levels in tofu industrial wastewater. This study aims to determine the effect of activated carbon mass and contact time on decreasing COD levels in tofu industrial wastewater. Palm midrib charcoal was activated using HCl 1N with the independent variable of activated charcoal mass (1, 3, 5, 7, and 9 grams) and contact times (30, 60, 90, 120, and 150 minutes), while the dependent variable was the percentage decrease COD levels. Activated charcoal from the palm midribs was in accordance with SNI 06-3730-1995 concerning the Quality Standard of Activated Charcoal. The effect of the adsorbent mass showed that the mass increase in activated charcoal was directly proportional to the percentage decrease in COD levels in the tofu industrial wastewater, while the optimum contact time of activated charcoal was obtained at 60 minutes with a decrease in COD levels of 82.13%.

Keywords: Activated charcoal, palm oil midribs, tofu liquid wasted, COD.

Abstrak. Pelepah kelapa sawit (*Elaeis guenensis* Jacq.) adalah salah satu limbah dari perkebunan kelapa sawit. Komposisi unsur karbon yang tinggi dalam pelepah sawit sangat berpotensi dimanfaatkan menjadi arang atau karbon aktif. Karbon aktif dapat menurunkan kadar COD dalam limbah cair industri tahu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh massa karbon aktif dan waktu kontak terhadap penurunan kadar COD pada limbah cair industri tahu. Arang pelepah kelapa sawit diaktivasi menggunakan HCl 1 N dengan variasi bebas berupa massa arang aktif 1, 3, 5, 7, dan 9 gram serta waktu kontak 30, 60, 90, 120, dan 150 menit, sedangkan variabel terikat berupa persentase penurunan kadar COD. Arang aktif dari pelepah kelapa sawit yang dihasilkan telah sesuai dengan SNI 06-3730-1995 tentang Standar Baku Mutu Arang Aktif. Penggunaan massa adsorben arang aktif pelepah kelapa sawit yang semakin tinggi akan menghasilkan penurunan kadar COD limbah cair industri tahu yang semakin tinggi pula dan pada waktu kontak 60 menit, penurunan kadar COD mencapai nilai optimum, yaitu 82,13%.

Kata Kunci : Arang aktif, pelepah kelapa sawit limbah cair tahu, COD.

Diterima: 15 Juli 2022, Disetujui: 17 Agustus 2022

Sitasi: Khairuddin., Ruslan., Tahili, MRAM., Puspitasari, DJ., Indriani., Sosidi, H., Prismawiryanti., dan Mirzan, M. (2022). Penurunan Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada Limbah Cair Industri Tahu Memanfaatkan Arang Aktif dari Pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis guenensis* Jacq.). *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 8(2): 171-177.

✉ Corresponding author

E-mail: ruslan_abdullah66@yahoo.co.id

<https://doi.org/10.22487/kovalen.2022.v8.i2.15966>



2477-5398/ © 2022 Khairuddin et al.
This is an open-access article under the CC BY-SA license.

LATAR BELAKANG

Limbah cair dari industri tahu memiliki kandungan protein yang tinggi dan pH rendah yang dapat menimbulkan aroma tidak sedap sehingga menjadi bahan pencemar lingkungan (Sukmawati *et al.*, 2021). Bahan organik dalam limbah cair industri tahu akan mencemari perairan dan mengganggu biota di dalamnya sehingga dapat berpengaruh pada manusia yang mengkonsumsi biota tersebut. Limbah cair tahu yang mencemari perairan akan meningkatkan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD).

COD menjadi salah satu ukuran pencemaran air yang merupakan ukuran oksigen yang dibutuhkan untuk mengurai semua senyawa organik sehingga mengurangi kandungan oksigen dalam air limbah (Sukmawati *et al.*, 2021). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah kegiatan Pengolahan Kedelai mempersyaratkan kadar maksimum COD adalah 300 mg/L (Haerun dkk., 2018).

Solusi alternatif yang dapat dilakukan pada pengolahan limbah cair tahu untuk menurunkan kandungan COD adalah penggunaan adsorben, seperti arang aktif. Penelitian sebelumnya dilaporkan bahwa arang aktif dari biji kapuk mampu menurunkan COD pada limbah cair industri kelapa sawit sebesar 73,28% (Siregar dkk., 2015). Arang aktif atau karbon aktif dapat diproduksi dengan menggunakan bagian tumbuhan yang kaya akan serat atau memiliki kandungan karbon yang tinggi. Jenis biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber karbon adalah limbah pelepah kelapa sawit.

Pelepah kelapa sawit dilaporkan mengandung 28,43% selulosa, 26,7%

hemiselulosa, dan 17,65% lignin (Maulina dkk., 2018). Ketiga senyawa tersebut memiliki kandungan karbon yang sangat melimpah. Noer dkk., (2014) sebelumnya menyebutkan bahwa karbon aktif dengan sifat terbaik dari pelepah kelapa sawit adalah hasil karbonisasi dan aktivasi selama 60 menit dengan kadar karbon 50,23%; oksigen 43,18%; hidrogen 3,38%; kadar air 5,5% dan kadar abu 8%, bilangan iodin 373 mg/gr. Informasi tersebut cukup membuktikan bahwa pelepah kelapa sawit potensial untuk dimanfaatkan sebagai adsorben untuk menurunkan kadar COD.

Penelitian mengenai upaya menurunkan kadar COD limbah cair tahu sebelumnya telah diupayakan memanfaatkan arang aktif dari kulit kelapa dan pada waktu kontak 30 menit mampu menurunkan COD secara optimum hingga 85,6% (Sumardiyono dkk., 2017), sedangkan Sirajuddin & Harjanto (2018) menggunakan adsorben tempurung kelapa pada waktu kontak optimum 90 menit dan efisiensi penurunan COD hingga 94%. Kajian penentuan massa arang aktif dari pelepah kelapa sawit dan waktu kontak dilakukan pada penelitian ini untuk mengoptimalkan penurunan kadar COD limbah cair industri tahu.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

Penelitian yang dilakukan menggunakan limbah cair industri tahu dari perusahaan tahu di kota Palu, pelepah kelapa sawit, HCl 1N, H₂SO₄, larutan pencerna (*digestion solution*), pereaksi asam sulfat, Na₂S₂O₃ dan NaOH.

Peralatan yang digunakan untuk analisis adalah Spektrofotometer Uv-Vis dan alat lainnya berupa ayakan mekanis 100 mesh, kuvet, mikro buret, tabung pencerna, desikator,

oven, neraca analitik, pH meter, pengaduk magnetik dan penangas air.

Prosedur Penelitian

Pembuatan arang aktif pelepah sawit

Pelepah kelapa sawit dikeringkan menggunakan sinar matahari. Pelepah kelapa sawit kering diperkecil ukurannya menjadi 100 mesh, kemudian dikarbonisasi pada suhu 500°C selama 60 menit. Karbon diaktivasi dengan HCl 1N selama 48 jam. Karbon aktif yang terbentuk dikeringkan dalam oven untuk mengurangi kandungan airnya (Noer dkk., 2014). Rendemen arang aktif dihitung sesuai dengan Persamaan 1.

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{b}{a} \times 100 \quad \dots(1)$$

Keterangan:

a = massa serbuk pelepah sawit yang diarangkan (g)

b = massa arang aktif pelepah sawit (g)

Penentuan mutu arang aktif pelepah kelapa sawit

Penentuan kadar air arang aktif menggunakan metode gravimetri dan perhitungan sesuai dengan Persamaan 2.

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{(a-b)}{a} \times 100 \quad \dots(2)$$

Keterangan:

a = massa awal arang aktif (g)

b = massa arang aktif setelah pengeringan (g)

Kadar abu arang aktif juga ditentukan dengan metode gravimetri menggunakan suhu pembakaran dalam furnace 600°C selama 4. Perhitungan kadar abu arang aktif sesuai dengan Persamaan 3.

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{b}{a} \times 100 \quad \dots(3)$$

Keterangan:

a = massa awal arang aktif (g)

b = massa arang setelah pembakaran (g)

Kemampuan arang aktif pelepah kelapa sawit dalam menyerap iodium ditentukan dengan metode SII 0258-89 (SNI 06-3730-

1995, 1995) dengan cara mencampurkan 0,5 gram arang aktif dan 50 ml larutan iodium 0,1 N dalam botol gelap dan tertutup selama 15 menit. Filtrat hasil penyaringan dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1 N. Pada saat warna kuning larutan hampir hilang ditambahkan dengan indikator amilum, kemudian dititrasi kembali hingga warna biru tepat hilang. Perhitungan daya serap iodium menggunakan Persamaan 4.

$$\text{Daya serap iodium (mg/g)} = \frac{\left[10 \frac{(N \times V)}{0,1}\right]}{s} \times 12,69 \times 5 \quad \dots(4)$$

Keterangan:

V = Volume larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (ml)

N = Normalitas larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (N)

S = massa arang aktif (g)

12,69 = total iod sesuai dengan 1 ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N

Analisis kadar awal COD dalam limbah cair industri tahu

Contoh uji dihomogenkan bersama dengan larutan pencerna (campuran antara $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, H_2SO_4 , dan HgSO_4) dan pereaksi asam sulfat (campuran Ag_2SO_4 dan H_2SO_4), kemudian direfluks selama 2 jam pada suhu 150°C. Contoh uji diawetkan dengan penambahan H_2SO_4 hingga pH < 2 dan selanjutnya disimpan pada suhu 4°C selama 7 hari. Contoh yang telah direfluks, didinginkan hingga mencapai suhu ruang dan bagian yang akan diukur telah jernih. Serapan larutan contoh dan larutan standar diukur dengan Spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 420 nm atau 600 nm, sedangkan pada panjang gelombang 600 nm digunakan blanko yang tidak direfluks. Pengukuran dilakukan 420 nm apabila konsentrasi COD ≤ 90 mL/L. Pereaksi air yang digunakan sebagai larutan referensi. Perbedaan serapan blanko hasil refluks dengan serapan larutan standar hasil refluks diplotkan terhadap nilai COD pada setiap standar (SNI 6989.2:2009, 2009).

$$\text{Kadar COD (mg/L O}_2\text{)} = C \times F_p \dots(5)$$

Keterangan :

C = Nilai COD contoh uji

F_p = Faktor pengenceran

Penentuan pengaruh massa arang aktif dan waktu kontak terhadap penurunan COD

Limbah cair industri tahu diambil 100 ml dan dicampurkan dengan 1, 3, 5, 7, dan 9 gram arang aktif berukuran 100 mesh pada waktu pengocokan 30, 60, 90, 120 dan 150 menit. Larutan kemudian disaring dan dianalisis kadar COD (Irmanto & Suyata, 2010).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Arang Aktif Pelepah Kelapa Sawit

Arang aktif dibuat melalui tahap karbonisasi dan aktivasi. Arang dihasilkan melalui proses karbonisasi menggunakan pemanasan. Karbonisasi dilakukan pada tempat tertutup untuk menghindari hilangnya unsur karbon dalam bentuk gas CO₂ dari pelepah kelapa sawit. Karbonisasi yang terlalu lama dapat melepaskan gas CO₂. Tahapan aktivasi bertujuan untuk memperbesar volume pori. Pada saat aktivasi, arang aktif mengalami perubahan sifat fisik dan kimia sehingga berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi. Aktivator yang digunakan bersifat asam, yaitu HCl. Oksida-oksida logam yang terkandung dalam arang aktif akan bereaksi dengan aktivator HCl sehingga pori-pori dari arang aktif menjadi lebih besar (Arung dkk., 2014).

Rendemen arang aktif pelepah kelapa sawit yang dihasilkan adalah 28,03 %. Hasil yang didapatkan hampir serupa dengan penelitian Hartanto & Ratnawati (2010) yang mendapatkan arang aktif tempurung kelapa sawit dengan rendemen 23%. Faktor yang mempengaruhi rendahnya rendemen arang aktif adalah suhu karbonisasi yang terlalu

tinggi, sehingga dapat menyebabkan terbentuknya abu (Sailah dkk., 2020).

Karakteristik Arang Aktif Pelepah Kelapa Sawit

Arang aktif dengan karakteristik yang memenuhi standar nasional dapat digunakan secara optimal sebagai adsorben zat organik.

Tabel 1. Karakteristik arang aktif pelepah kelapa sawit

Karakteristik	Hasil Pengujian	Standar Mutu
Kadar Air	4,93%	Max. 15%
Kadar abu	7%	Max. 10%
Daya serap Iodium	751,84mg/g	Min. 750mg/g

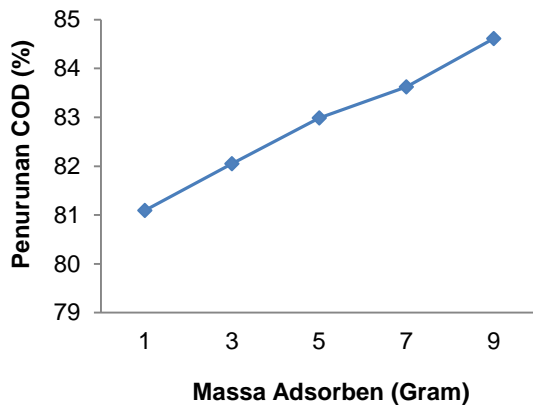
*SNI 06-3730-1995 tentang Arang Aktif Teknis.

Kadar air arang aktif yang diperoleh adalah 4,93% atau lebih rendah dari ambang batas maksimum dalam SNI 06-3730-1995, yaitu 15% (Tabel 1). Kadar air yang tinggi pada adsorben dapat menurunkan kemampuan adsorpsi terhadap gas maupun cairan (Pari, 1996 dalam Dewi dkk., 2020). Sementara itu, kadar abu yang dihasilkan ialah 7% atau berada di bawah ambang batas maksimum 10% sebagaimana yang diatur dalam SNI 06-3730-1995 (Tabel 1). Jumlah abu yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan penyumbatan (*fouling*) pada pori-pori arang aktif (Laos, 2016). Daya serap arang aktif pelepah kelapa sawit terhadap iodium sebesar 751,84 mg/g atau telah memenuhi syarat serapan iodium minimum 75 mg/g berdasarkan SNI 06-3730-1995 (Tabel 1).

Pengaruh Massa Arang Aktif Pelepah Kelapa Sawit terhadap Penurunan Kadar COD

Jumlah adsorben atau arang aktif dapat mempengaruhi penurunan kadar COD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penurunan kadar COD semakin meningkat

dengan semakin tingginya massa arang aktif pelepah kelapa sawit (Gambar 1).



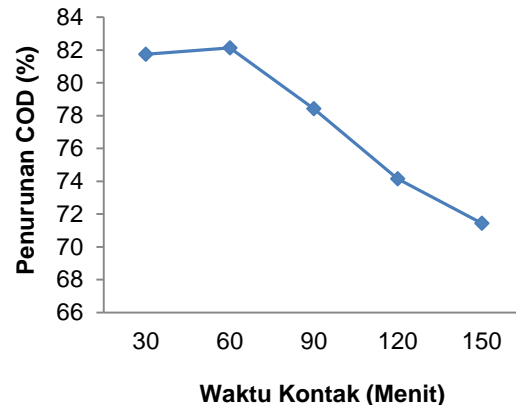
Gambar 1. Pengaruh massa adsorben terhadap penurunan kadar COD

Setiorini & Agusdin (2018) juga mendapatkan hasil serupa dengan penelitian yang dilakukan, yaitu penggunaan arang aktif yang semakin banyak akan menurunkan kadar COD limbah kain jumputan. Penurunan kadar COD terjadi karena jumlah arang aktif yang semakin banyak akan meningkatkan luas permukaan dan jumlah pori-pori arang aktif untuk menyerap zat organik. Penggunaan massa arang aktif pada penelitian yang dilakukan belum mencapai kesetimbangan atau arang aktif belum mencapai kejenuhan dalam menyerap zat organik dari limbah cair tahu. Siregar dkk., (2015) menyatakan bahwa semakin banyaknya arang aktif biji kapuk dapat meningkatkan penyerapan zat organik limbah cair kelapa sawit hingga mencapai kesetimbangan dan akan menurun setelah pori-pori arang aktif telah terisi penuh oleh adsorbat atau telah mencapai titik jenuh.

Waktu Kontak Optimum

Arang aktif pelepah kelapa sawit dengan massa 9 gram mampu menurunkan kadar COD pada tiap penggunaan variasi waktu kontak. Persentase punan optimum kadar COD dalam

limbah cair industri tahu didapatkan pada waktu kontak 60 menit sebesar 82,13% (Gambar 2).



Gambar 2. Pengaruh waktu kontak terhadap penurunan kadar COD

Adsorpsi zat organik dalam limbah cair industry tahu oleh arang aktif pelepah kelapa sawit meningkat hingga pada waktu kontak 60 menit dan selanjutnya mengalami kemampuan adsorpsi. Kondisi adsorpsi optimum terjadi saat seluruh pori-pori arang aktif telah menjerap adsorbat atau zat organik limbah cair tahu. Pada penggunaan waktu kontak yang semakin lama, arang aktif tidak mampu lagi menjerap adsorbat karena pori-pori arang aktif telah terisi penuh oleh adsorbat dan selanjutnya terjadi desorpsi atau pelepasan kembali adsorbat (Sartika dkk., 2019). Laju adsorpsi zat organik pada 30 menit lebih tinggi daripada desorpsi hingga pada waktu 60 menit laju adsorpsi dan desorpsi cenderung sama (kondisi kesetimbangan), serta pada waktu lebih dari 60 menit laju desorpsi telah melebihi laju adsorpsi sehingga adsorbat terlepas kembali ke dalam larutan (Ningsih dkk., 2016). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan arang aktif dari biji kapuk mampu menurunkan secara optimum kadar COD limbah cair kelapa sawit pada waktu kontak 40 menit dengan efisiensi adsorpsi 73,28% (Siregar dkk., 2015). Penelitian lainnya menyebutkan bahwa pada waktu kontak 10 hingga 30 menit, karbon aktif

ampas bubuk kopi mampu menurunkan secara signifikan kadar COD dalam limbah cair pabrik tahu dan cenderung konstan atau penyerapan lambat pada waktu kontak 50 sampai 90 menit (Sartika dkk., 2019).

Adsorpsi zat organik dalam limbah cair tahu menggunakan arang aktif pelepah kelapa sawit terjadi karena adanya gaya Van der Waals. Gaya tarik menarik terjadi antara adsorben arang aktif dengan adsorbat zat organik, sehingga permukaan arang aktif tertutupi oleh adsorbat. Gaya tersebut bersifat lemah sehingga dapat terlepas kembali (Notodarmojo, 2005 dalam Setyaningrum dkk., 2019).

KESIMPULAN

Massa adsorben arang atau karbon aktif pelepah kelapa sawit mempengaruhi persentase penurunan kadar COD dalam limbah cair industri tahu. Semakin tinggi massa arang aktif pelepah kelapa sawit, maka kadar COD dari limbah cair industri tahu semakin menurun. Persentase penurunan kadar COD oleh arang aktif mencapai optimum pada penggunaan waktu kontak 60 menit dengan persentase penurunan hingga 82,13%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arung, S., Yudi, M., & Chadijah, S. (2014). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Asam Klorida (HCl) Terhadap Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao*. L) Pada Zat Warna Methanil Yellow. *Al-Kimia*, 2(1): 52–63. <https://doi.org/10.24252/al-kimia.v2i1.1638>
- Dewi, R., Azhari, & Nofriadi, I. (2020). Aktivasi Karbon dari Kulit Pinang Dengan menggunakan Aktivator Kimia KOH. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2): 12–22.
- Haerun, R., Mallongi, A., & Natsir, M. F. (2018). Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Biofilter Sistem Upflow Dengan Penambahan Efektif Mikroorganisme 4. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, 1(2): 1–11.
- Hartanto, S., & Ratnawati, R. (2010). Pembuatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Sawit Dengan Metode Aktivasi Kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12(1): 12–16. <https://doi.org/10.17146/jsmi.2010.12.1.4588>
- Irmanto, I., & Suyata, S. (2010). Optimasi Penurunan Nilai BOD, COD Dan TSS Limbah Cair Industri Tapioka Menggunakan Arang Aktif Dari Ampas Kopi. *Molekul*, 5(1): 22–32. <https://doi.org/10.20884/1.jm.2010.5.1.73>
- Laos, L. E. (2016). Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 1(1): 32–36. <https://doi.org/10.26737/jipf.v1i1.58>
- Maulina, S., Nurtahara, & Fakhradila. (2018). Pirolisis Pelepah Kelapa Sawit Untuk Menghasilkan Fenol Pada Asap Cair. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 7(2): 12–16. <https://doi.org/10.32734/jtk.v7i2.1641>
- Ningsih, D. A., Said, I., & Ningsih, P. (2016). Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dari Larutannya dengan Menggunakan Adsorben dari Tongkol Jagung. *Jurnal Akademika Kimia*, 5(2): 55–60.
- Noer, A. A., Awitdrus, ' , & Malik, U. (2014). Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Aktivator H₂O Sebagai Adsorben. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 1(2): 42–47.
- Sailah, I., Mulyaningsih, F., Ismayana, A., Puspaningrum, T., Adnan, AA., Indrasti, NS. (2020). Kinerja Karbon Aktif Dari Kulit Singkong Dalam Menurunkan Konsentrasi Fosfat Pada Air Limbah Laundry. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 30(2): 180-189.

- Sartika, Z., Mariana, M., & Supardan, M. D. (2019). Penurunan Kadar COD, BOD dan Nitrit Limbah Pabrik Tahu Menggunakan Karbon Aktif Ampas Bubuk Kopi. *Jurnal Serambi Engineering*, 4(2): 557–564. <https://doi.org/10.32672/jse.v4i2.1334>
- Setiorini, I. A., & Agusdin, A. (2018). P Pengaruh Massa Adsorben Karbon Aktif Batubara Terhadap Penyerapan Kandungan Nilai Cod Dan Toc Dalam Limbah Kain Jumputan Pada Rancang Bangun Alat Adsorber. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 9(01): 14–27. <https://doi.org/10.52506/jtpa.v9i01.66>
- Setyaningrum, NE., Santoso, BB., Mangallo, B. (2019). Studi adsorpsi limbah organik industri tahu tempe dengan karbon aktif kayu merbau [*Intsia bijuga* (Colebr) O. Kuntze]. *CASSOWARY*, 2(1): 86-101.
- Sirajuddin, S., & Harjanto, H. (2018). Pengaruh Ukuran Adsorben Dan Waktu Adsorpsi Terhadap Penurunan Kadar Cod Pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Arang Aktif Tempurung Kelapa. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian 2018*, Poletiknik Ujung Pandang, Makassar, hlm. 42–46. <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/view/815>
- Siregar, R. D., Zaharah, T. A., & Wahyuni, N. (2015). Penurunan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Limbah Cair Industri Kelapa Sawit Menggunakan Arang Aktif Biji Kapuk (*Ceiba petandra*). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 4(2): 62–66.
- SNI 06-3730-1995. (1995). *Arang aktif teknis*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 6989.2:2009. (2009). *Air dan Air Limbah—Bagian 2: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD) dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Sukmawati, W., Kadarohman, A., Sumarna, O., Sopandi, W. (2021). Analysis of reduction of COD (Chemical Oxygen Demand) levels in tofu waste using activated sludge method. *Moroccan Journal of Chemistry*, 9(2): 339-345.
- Sumardiyono, S., Herawati, D. A., & Supriyono, S. (2017). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Asam Sulfat pada Arang Aktif Kulit Kelapa Muda untuk Menurunkan BOD dan COD. *Biomedika*, 10(2): 73–78. <https://doi.org/10.31001/biomedika.v10i2.278>