

DOI: <https://doi.org/10.21009/JRSKT.101.06>

Analisis Kadar Chemical Oxygen Demand (Cod) pada Air Limbah Domestik dengan Metode Refluks menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis

Naila Mushofa^{1,*}, Loseva Febriyana²

¹ Prodi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta
Jalan Rawamangun Muka, Rawamangun, Jakarta Timur, Jakarta 13220, Indonesia

² Laboratorium BMT Asia Indonesia Jl. Pangeran Sogiri No.61, Bogor Utara, 16154, Jawa Barat, Indonesia

*Email: nailamushofa123@gmail.com

Informasi Artikel

Diterima: 21/05/2024

Direvisi: 01/07/2024

Online: 15/07/2024

Edisi: 15/07/2024

Abstrak

Air merupakan komponen vital bagi kelangsungan makhluk hidup. Dengan perkembangan sektor industri, seringkali terjadi pencemaran lingkungan perairan akibat limbah cair. Limbah cair tersebut berasal dari berbagai aktivitas seperti pemukiman, industri, dan perkantoran. Air yang tercemar, dapat menimbulkan penurunan kualitas air. Air yang memiliki kualitas yang tidak baik, dapat menimbulkan resiko berbagai penyakit dan tentunya dapat merusak sumber daya alam dan lingkungan. Salah satu upaya untuk menjaga lingkungan, mengidentifikasi kualitas air limbah guna mengetahui tingkat bahayanya. Dalam mengidentifikasi kualitas air limbah, diperlukan metode yang dapat mengidentifikasi dan mengurangi resiko dalam kerusakan lingkungan. Pengujian Chemical Oxygen Demand (COD) dalam air limbah dilakukan dengan menggunakan metode refluks dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.2:2019. Proses pengujian yang dilakukan yaitu menggunakan sampe air limbah domestik yang dilarutkan bersama dengan larutan pencerna konsentrasi tinggi, larutan pencerna konsentrasi rendah (low digestion solution), larutan pereaksi asam sulfat, asam sulfamat ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$), dan larutan standar kalium hidrogen phlatat (KHP). Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar COD memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan, berada di bawah nilai batas maksimum yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2016.

Kata kunci: air limbah domestik, COD, spektrofotometer UV-Vis

Abstract

Water is a crucial component for the survival of living things. With the development of the industrial sector, there is often

pollution of the aquatic environment due to liquid waste. The liquid waste comes from various activities such as settlements, industries, and offices. Polluted water can cause a decrease in water quality. Water that has poor quality can pose a risk of various diseases and of course can damage natural resources and the environment. One of the efforts to protect the environment is to identify the quality of wastewater to determine the level of danger. In identifying the quality of wastewater, a method is needed that can identify and reduce the risk of environmental damage. Chemical Oxygen Demand (COD) testing in wastewater is carried out using the reflux method using a UV-Vis Spectrophotometer in accordance with Indonesian National Standard (SNI) 6989.2: 2019. The testing process carried out is using domestic wastewater samples which are dissolved together with high concentration digestion solution, low concentration digestion solution (low digestion solution), sulfuric acid reagent solution, sulfamic acid (NH₂SO₃H), and potassium hydrogen phthalate (KHP) standard solution. The test results show that COD levels meet the predetermined requirements, being below the maximum limit value set by the Minister of Environment and Forestry Regulation No. P.68/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2016.

Keywords: COD, domestic sewage spectrophotometry UV-Vis

Pendahuluan

Perkembangan industri di Indonesia saat ini berlangsung dengan cepat (Wiryanan & Otchia, 2022). Kegiatan industri, pertanian, dan pemukiman seringkali menimbulkan masalah lingkungan seperti pencemaran air, krisis lahan (Mahmood et al., 2019), penurunan kualitas sumber daya alam, gangguan kesehatan, dan penurunan sumber daya alam hayati (Xia et al., 2020). Sumber daya alam perairan mengalami penurunan baik dari segi kualitas maupun kuantitas air (Cheng et al., 2018). Salah satu permasalahan lingkungan yang sering terjadi adalah adanya limbah cair yang berasal dari industri (Tang et al., 2023). Limbah cair hasil produksi industri dapat menimbulkan berbagai dampak berbahaya pada perairan (Jain, 2023), salah satunya adalah potensi gangguan terhadap fungsi lingkungan jika kualitas limbah cair tersebut tidak memenuhi standar baku mutu (Lemessa et al., 2023). Air limbah merupakan hasil buangan dari rumah tangga, industri, atau tempat umum lainnya yang mengandung bahan berbahaya bagi kesehatan manusia dan dapat berdampak negatif pada lingkungan hidup (Nishat et al., 2023). Pembuangan limbah ke dalam badan air oleh manusia telah menyebabkan perubahan kualitas air di lingkungan (Wiesner-Sękal & Kończak, 2023), menyebabkan sejumlah besar air tidak lagi tersedia untuk berbagai keperluan (Acholonu et al., 2023). Untuk mencegah dampak negatif dari pembuangan air limbah domestik, instalasi pengolahan air limbah domestik menjadi penting untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar sebelum air limbah tersebut dibuang ke badan air penerima. Pengolahan limbah bertujuan untuk mengurangi atau menstabilkan polutan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan atau kesehatan saat dibuang (Zioui et al., 2023). Oleh sebab itu, diperlukan suatu pengolahan limbah cair untuk mengatasi banyaknya konsentrasi limbah yang masuk ke dalam badan air penerima.

Salah satu parameter uji pada air limbah adalah COD (Chemical Oxygen Demand) (Duan et al., 2022). Parameter COD (Chemical Oxygen Demand) adalah jumlah oksigen yang dikonsumsi mikroorganisme dalam oksidasi bahan organik yang dapat dioksidasi dengan bantuan pengoksidan kuat (Han et al., 2022). Nilai pengukuran COD menentukan jumlah bahan organik di dalam air (Xu et

al., 2023). Ada beberapa metode yang digunakan untuk mengukur COD (Chemical Oxygen Demand), diantaranya metode refluks terbuka dan refluks tertutup (Lambertz et al., 2023). Metode refluks terbuka melibatkan pemanasan sampel dengan zat pengoksidasi yang kuat, biasanya kalium dikromat namun metode terbuka dapat meningkatkan risiko kontaminasi yang berbahaya karena bereaksi pada wadah terbuka, sementara metode refluks tertutup membatasi reaksi di dalam wadah tertutup, sehingga mengurangi risiko kontaminasi dan paparan zat berbahaya (Lambertz et al., 2023). Dengan metode refluks prinsip kerja pengukuran COD adalah dengan menggunakan perak sulfat, yaitu asam sulfat (Jiang et al., 2021), sebagai katalis yang menyebabkan $K_2Cr_2O_7$ bereaksi dengan bahan organik yang ada dalam sampel. Agar kalium dikromat dapat mengoksidasi bahan organik sepenuhnya, reaksi harus terjadi dalam suasana asam kuat dan suhu tinggi yaitu $150^\circ C$ dalam suasana asam sulfat. Pengujian COD dengan metode refluks tertutup harus mengacu pada SNI 6989.2:2019.

Salah satu metode pengujian yang mengacu pada SNI 6989.2:2019 adalah metode refluks tertutup secara Spektrofotometri dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Dimana pengujian ini dilakukan dalam air dan air limbah yang direduksi oleh $Cr_2O_7^{2-}$ menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 600 nm jika nilai COD kisaran 100 mg/L hingga 900 mg/L dan pada panjang gelombang 420 nm jika nilai COD lebih kecil dari 100 mg/L. Metode ini tidak berlaku jika sampel air atau air limbah mengandung ion klorida lebih dari 2000 mg/ (Ramadhan et al., 2022). Nilai COD perairan yang tercemar sekitar 200 mg/L, sedangkan nilai COD perairan yang tidak tercemar sekitar 20 mg/L. Tingginya nilai kandungan COD pada perairan ditandai dengan tingginya limbah anorganik yang terkandung. Semakin tinggi nilai COD maka semakin tinggi pula perairan tercemar, karena banyaknya kandungan logam berat yang terdapat pada limbah tersebut [8]. Dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik sebesar 100 mg/L.

Metode

Bahan

Sampel air limbah, air suling bebas klorida dan bebas organik, larutan pencerna konsentrasi tinggi (*high digestion solution*), larutan pencerna konsentrasi rendah (*low digestion solution*), larutan pereaksi asam sulfat, asam sulfamat (NH_2SO_3H), dan larutan standar kalium hidrogen phlatat (KHP).

Peralatan

Alat yang digunakan adalah *thermoreactor* RD 125, *Digestion Vessel* (tabung kultur borosilikat), rak tabung reaksi, mikro buret, spektrofotometer UV-Vis, labu ukur (50; 100; 250; 500; dan 1000 mL), pipet volum (5; 10; 15; 20; dan 25 mL), gelas piala, *magnetic stirrer*, dan timbangan analitik.

Pembuatan Larutan

Larutan Pencerna Konsentrasi Tinggi (*high digestion solution*)

Sebanyak 10,216 g $K_2Cr_2O_7$ (kalium dikromat) dikeringkan pada suhu $150^\circ C$ selama 2 jam kemudian dilarutkan dengan 500 mL air bebas organik ke dalam labu ukur 1000 mL. Sebanyak 167 mL H_2SO_4 pekat ditambahkan secara perlahan dan didinginkan, lalu ditambahkan 33,3 g $HgSO_4$ diaduk hingga larut dan ditepatkan sampai tanda batas kemudian dihomogenkan.

Larutan Pencerna Konsentrasi Rendah (*low digestion solution*)

Sebanyak 1,022 g $K_2Cr_2O_7$ (kalium dikromat) dikeringkan pada suhu $150^\circ C$ selama 2 jam kemudian dilarutkan dengan 500 mL air bebas organik ke dalam labu ukur 1000 mL. Sebanyak 167 mL H_2SO_4

pekat ditambahkan secara perlahan dan didinginkan, lalu ditambahkan 33,3 g HgSO_4 diaduk hingga larut dan ditepatkan sampai tanda batas kemudian dihomogenkan.

Larutan Pereaksi Asam Sulfat

Sebanyak 10,24 gram AgSO_4 ditimbang kemudian dilarutkan ke dalam 1000 mL H_2SO_4 pekat hingga larut. Proses pelarutan AgSO_4 memerlukan waktu 1 jam hingga 2 jam menggunakan *magnetic stirrer*.

Larutan standar kalium hidrogen phatat (KHP)

Sebanyak 425 mg KHP dilarutkan dengan air bebas organik, lalu diencerkan pada labu ukur 1000 mL sampai tanda batas. Larutan KHP stabil jika disimpan dalam kondisi dingin.

Proses Digestion

Pertama-tama tabung kultur dan tutupnya dicuci terlebih dahulu menggunakan H_2SO_4 20%. Kemudian memipet contoh uji atau larutan kerja sebanyak 2,5 mL kedalam tabung kultur 16x100 mm menggunakan pipet volume. Lalu, menambahkan 1,5 mL *digestion solution* dan 3,5 mL larutan pereaksi asam sulfat ke dalam kultur tabung tersebut. Untuk blanko, larutan kerja diganti dengan aquades. Selanjutnya, tabung kultur ditutup dengan penutupnya dan dikocok perlahan dengan memegang bagian leher tabung. Lalu, letakkan tabung pada pemanas *thermoreactor* RD 125 yang telah dipanaskan pada suhu 150 °C dan direfluks selama 2 jam.

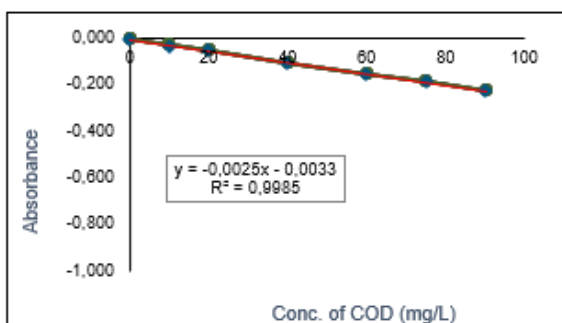
Pengukuran Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Sampel didinginkan sampai mencapai suhu ruang dan biarkan suspensi mengendap. Kemudian, dilakukan pengukuran sampel menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang yang telah ditentukan. Untuk low concentration pada anjang gelombang 420 nm dan high concentration pada panjang gelombang 600 nm. Lalu, menghitung kadar COD berdasarkan persamaan linear kurva kalibrasi dan dilakukan pengujian duplo.

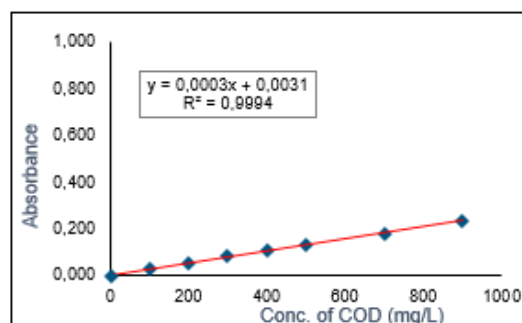
Hasil dan Pembahasan

Penentuan Linearitas Larutan Standar COD

Linearitas kurva kalibrasi larutan standar COD dengan konsentrasi rendah dan konsentrasi tinggi yang ditunjukkan pada Gambar 1. Dimana lineritas larutan standar COD sudah memenuhi syarat keberterimaannya dalam standar SNI 6989.2.2019. Menurut literatur, Kurva kalibrasi memiliki lineritas yang baik dengan koefien korelasi > 0,995 dengan intersep lebih < batas deteksi.



(a)



(b)

Gambar 1. Kurva Kalibrasi Larutan Standar COD (a) konsentrasi rendah, (b) konsentrasi tinggi

Dari Gambar 1. (a) menunjukkan kurva kalibrasi larutan standar COD konsentrasi rendah dibuat dengan konsentrasi 0, 10, 20, 30, 40, 60, 75 dan 90 ppm menghasilkan nilai *intercept* (a) sebesar -0,0033, nilai *slope* (b) sebesar -0,0025 dan *regression coefficients* (r) sebesar 0,9993. Dimana, kurva kalibrasi larutan standar, dapat diketahui persamaan garis lurus $y = -0,0025x - 0,0033$ dan koefisien linearitasnya (R^2) sebesar 0,9985. Sedangkan pada Gambar 1. (b) menunjukkan kurva kalibrasi larutan COD konsentrasi tinggi yang dibuat dengan konsentrasi 0, 100, 200, 300, 400, 500, 700 dan 900 ppm menghasilkan nilai *intercept* (a) sebesar 0,0031, nilai *slope* (b) sebesar -0,0003 dan *regression coefficients* (r) sebesar 0,9997. Dimana, kurva kalibrasi larutan standar, dapat diketahui persamaan garis lurus $y = 0,0003x + 0,0031$ dan koefisien linearitasnya (R^2) sebesar 0,9994. Kedua deret larutan standar COD konsentrasi rendah dan konsentrasi tinggi ini memiliki linearitas yang telah memenuhi persyaratan yang dipersyaratkan dalam SNI 6989.2:2019. Kurva kalibrasi low concentration dan high concentration memiliki linearitas yang baik.

Penentuan Kadar COD

Uji COD dapat dijadikan sebagai tolak ukur penentuan beban pencemaran limbah buangan suatu industri ke lingkungan. Pada uji ini juga digunakan bahan kimia berbahaya dan beracun sehingga limbah sisa pengujian COD ini cukup berbahaya [9]. Setelah diperoleh kurva kalibrasi, dilakukan pengujian sampel uji dengan spektrofotometer uv-vis dan dihitung kadar COD dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar COD} = \frac{\text{Abs sampel} - \text{intersep}}{\text{slope}} \times 100\% \tag{1}$$

Tabel 1. Kadar COD pada Konsentrasi Rendah

Sampel ID	Abs	DF	Konsentrasi COD (mg/L)
Blanko	0,000	1	0,00
LCS	-0,110	1	43,12
Spike Matrix	Sampel	1	0,00
	Sampel + Spike	1	38,27
230529-6	-0,088	1	34,23
230530-6	-0,147	1	58,08
230531-6	-0,075	1	28,98

Dari Tabel 1 dapat dilihat, terdapat jenis sampel air limbah yang berbeda dan diuji kualitas air limbahnya. Pada larutan blanko diperoleh nilai COD sebesar 0,00 mg/L dan larutan standar LCS memiliki nilai COD sebesar 43,12 mg/L. Pada *spike matrix*, nilai COD sampel sebesar 0,00 mg/L dan nilai COD sampel + *spike* sebesar 38,27 mg/L. Untuk sampel uji air limbah dengan kode sampel 230529-6 memperoleh nilai COD sebesar 34,23 mg/L. Limbah dengan kode sampel 230530-6 memperoleh nilai COD sebesar 58,08 mg/L. Terakhir, limbah dengan kode sampel 230531-6 memperoleh nilai COD sebesar 28,98 mg/L. Dari ketiga sampel air limbah tersebut maka dapat dikatakan sampel masih di dalam batas aman dibawah standar baku mutu.

Tabel 2. Kadar COD pada Konsentrasi Tinggi

Sampel ID	Abs	DF	Konsentrasi COD (mg/L)
Blanko	0,000	1	0,00
LCS	0,091	1	339,27
Spike Matrix	Sampel		
	Sampel + Spike		
231408-6	0,019	1	61,49
231409-6	0,011	1	30,62
231410-6	0,018	1	57,63

Dari Tabel 2 dapat dilihat, terdapat jenis sampel air limbah yang berbeda dan diuji kualitas air limbahnya. Pada larutan blanko diperoleh nilai COD sebesar 0,00 mg/L dan larutan standar LCS memiliki nilai COD sebesar 339,27 mg/L. Pada pada uji ini tidak menghitung konsentrasi COD dari *spike matrix*. Untuk sampel uji air limbah dengan kode sampel 230408-6 memperoleh nilai COD sebesar 61,49 mg/L. Limbah dengan kode sampel 230409-6 memperoleh nilai COD sebesar 30,62 mg/L. Terakhir, limbah dengan kode sampel 230410-6 memperoleh nilai COD sebesar 57,63 mg/L. Dari ketiga sampel air limbah tersebut maka dapat dikatakan sampel masih di dalam batas aman dibawah standar baku mutu.

Menurut literatur, kadar maksimum COD pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik sebesar 100 mg/L. Nilai COD perairan yang tercemar sekitar 200 mg/L, sedangkan nilai COD perairan yang tidak tercemar sekitar 20 mg/L. Tingginya nilai kandungan COD pada perairan ditandai dengan tingginya limbah anorganik yang terkandung. Semakin tinggi nilai COD maka semakin tinggi pula perairan tercemar, karena banyaknya kandungan logam berat yang terdapat pada limbah tersebut [8]. Air limbah yang melebihi baku mutu air dapat mencemari lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan suatu pengolahan yang memungkinkan air limbah domestik dibuang dengan aman ke lingkungan

Pengendalian Mutu (*Quality Control*) pada COD

Pengendalian mutu diperlukan untuk mengetahui apakah air limbah dapat atau tidak diterima oleh lingkungan. Pada penelitian kali ini dilakukan pengendalian mutu sampel dengan menghitung %RPD (*Relative Percent Difference*), %Recovery dan %Acuracy (LCS). Dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengendalian Mutu Sampel

Pengendalian Mutu	Konsentrasi Rendah	Konsentrasi Tinggi
	230529-6	231383-34
%RPD	3,6 %	4,7%
%Recovery	95,7 %	
%Acuracy (LCS)	107,8 %	113,1%

Pengendalian mutu %RPD dilakukan dengan cara menguji secara acak (duplo) sampel yang dipilih. Penerimaan pengujian duplikasi dengan %RPD < 5%. Sedangkan untuk % *Recovery* dan % *Acuracy* merupakan kontrol akurasi larutan baku. Penerimaan *recovery* dari *spike matrix* dan akurasi dari LCS kisaran antara $85\% \leq \%Recovery \leq 115\%$. Pada Tabel 3, menunjukkan bahwa sampel limbah memiliki presisi serta akurasi yang baik dan data dapat diterima.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keenam sampel air limbah domestik yang diuji memenuhi standar kualitas yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2016, di mana batas aman untuk air limbah yang tidak mencemari lingkungan adalah di bawah 100 mg/L. Selain itu, kontrol kualitas pada sampel menunjukkan bahwa sampel tersebut memiliki presisi, pemulihan, dan akurasi yang baik serta dapat diterima oleh lingkungan. Persyaratan penerimaan untuk uji duplikasi adalah %RPD < 5%, sedangkan rentang % pemulihan dari spike matrix dan akurasi dari LCS adalah antara $85\% \leq \% \text{Pemulihan} \leq 115\%$.

Daftar Pustaka

- Acholonu, C., Bridget, E. D., Somtochukwu, N. R., Chinonye, E., Okorundu, J. N., & Uyo, C. (2023). Solid Waste Disposal: A Potential Threat to Aquatic Environment. *Archives of Current Research International*, 23(6), 22–32. <https://doi.org/10.9734/acri/2023/v23i6577>
- Cheng, P., Li, X., Su, J., & Hao, S. (2018). Recent water quality trends in a typical semi-arid river with a sharp decrease in streamflow and construction of sewage treatment plants. *Environmental Research Letters*, 13(1), 014026. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa9df2>
- Duan, W., del Campo, F. J., Gich, M., & Fernández-Sánchez, C. (2022). In-field one-step measurement of dissolved chemical oxygen demand with an integrated screen-printed electrochemical sensor. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 369, 132304. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2022.132304>
- Han, X., Chen, X., Ma, J., Chen, J., Xie, B., Yin, W., Yang, Y., Jia, W., Xie, D., & Huang, F. (2022). Discrimination of Chemical Oxygen Demand Pollution in Surface Water Based on Visible Near-Infrared Spectroscopy. *Water*, 14(19), 3003. <https://doi.org/10.3390/w14193003>
- Jain, N. (2023). Water Pollution due to Industrial Waste Effluents and their Management. *International Journal for Multidisciplinary Research*, 5(1). <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2023.v05i01.1608>
- Jiang, L., Feely, R. A., Wanninkhof, R., Greeley, D., Barbero, L., Alin, S. R., Carter, B. R., Pierrot, D., Featherstone, C. M., Hooper, J. A., Melrose, C., Monacci, N., Sharp, J. D., Shellito, S., Xu, Y., Kozyr, A., Byrne, R. H., Cai, W., Cross, J. N., & Johnson, G. C. (2021). Coastal Ocean Data Analysis Product in North America (CODAP-NA) – an internally consistent data product for discrete inorganic carbon, oxygen, and nutrients on the North American ocean margins. *Earth System Science Data*, 13(6), 2777–2799. <https://doi.org/10.5194/essd-13-2777-2021>
- Lambertz, S., Franke, M., Stelter, M., & Braeutigam, P. (2023). Sensing of chemical oxygen demand (COD) by amperometric detection—dependence of current signal on concentration and type of organic species. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(6). <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11228-3>
- Lemessa, F., Simane, B., Seyoum, A., & Gebresenbet, G. (2023). Assessment of the Impact of Industrial Wastewater on the Water Quality of Rivers around the Bole Lemi Industrial Park (BLIP), Ethiopia. *Sustainability*, 15(5), 4290–4290. <https://doi.org/10.3390/su15054290>
- Mahmood, Q., Shaheen, S., Bilal, M., Tariq, M., Zeb, B. S., Ullah, Z., & Ali, A. (2019). Chemical pollutants from an industrial estate in Pakistan: a threat to environmental sustainability. *Applied Water Science*, 9(3). <https://doi.org/10.1007/s13201-019-0920-1>
- Nishat, A., Yusuf, M., Qadir, A., Ezaier, Y., Vambol, V., Khan, M. I., Moussa, S. B., Kamyab, H., Sehgal, S. S., Prakash, C., Yang, H.-H., Ibrahim, H., & Eldin, S. M. (2023). Wastewater treatment: A short assessment on available techniques. *Alexandria Engineering Journal*, 76, 505–516. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.06.054>
- Ramadhan, I., Rohyami, Y., & Ahdiaty, R. (2022). Verifikasi Metode Uji COD secara Spektrofotometri UV-Vis untuk Low Concentration dan High Concentration. *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)*, 5(1), 52–61. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol5.iss1.art6>

- Tang, L., Chen, Y., Peng, J., & Cheng, Z. (2023). Influence of Different Industrial Waste Residues on Engineering Properties of High Liquid Limit Soil and Its Microscopic Mechanism. *Buildings*, *13*(1), 235–235. <https://doi.org/10.3390/buildings13010235>
- Wiesner-Sękal, M., & Kończak, B. (2023). Assessment of the Impact of Industrial and Municipal Discharges on the Surface Water Body Status (Poland). *Sustainability*, *15*(2), 997–997. <https://doi.org/10.3390/su15020997>
- Wiryawan, B. A., & Otchia, C. (2022). The legacy of the reformasi: the role of local government spending on industrial development in a decentralized Indonesia. *Journal of Economic Structures*, *11*(1). <https://doi.org/10.1186/s40008-022-00262-y>
- Xia, Q., Zhang, J., Chen, Y., Ma, Q., Peng, J., Rong, G., Tong, Z., & Liu, X. (2020). Pollution, Sources and Human Health Risk Assessment of Potentially Toxic Elements in Different Land Use Types under the Background of Industrial Cities. *Sustainability*, *12*(5), 2121. <https://doi.org/10.3390/su12052121>
- Xu, X., Wang, J., Li, J., Fan, A., Zhang, Y., Xu, C., Qin, H., Feng, M., & Xu, T. (2023). Research on COD measurement method based on UV-Vis absorption spectra of transmissive and reflective detection systems. *Frontiers in Environmental Science*, *11*. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1175363>
- Zioui, D., Martins, P. M., Aoudjit, L., Salazar, H., & Lanceros-Méndez, S. (2023). Wastewater Treatment of Real Effluents by Microfiltration Using Poly(vinylidene fluoride–hexafluoropropylene) Membranes. *Polymers*, *15*(5), 1143. <https://doi.org/10.3390/polym15051143>