

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, M., Peacock, M., Drakare, S., Hawkes, J., Jakobsson, E., & Kothawala, D. (2024). Water residence time is an important predictor of dissolved organic matter composition and drinking water treatability. *Water Research*, 260, 121910. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121910>
- Adhani, R. (2018). *Pengelolaan Limbah Medis Pelayanan kesehatan* (D. Halim, Ed.; Cetakan Pertama). Lambung Mangkurat University Press.
- Adisasmito, W. (2009). *Sistem Manajemen Lingkungan Rumah Sakit*. Raja Grafindo Persada.
- Agustina, A., Suprihatin, I. E., & Sibarani, J. (2017). *Pengaruh Biofilm Terhadap Efektivitas Penurunan BOD, COD, TSS, Minyak Dan Lemak Dari Limbah Pengolahan Ikan Menggunakan Trickling Filter*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:113636694>
- AKBAR, A. R. (2020). *Analisis Kinerja Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Metode MBBR* [Thesis]. Universitas Hasanuddin.
- Al Kholif, M. (2018). Penurunan Beban Pencemar Pada Limbah Domestik Dengan Menggunakan Moving Bed Biofilter Reaktor (MBBR). *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.29080/alard.v4i1.365>
- Aniriani, G. W., Putri, M. S. A., & Nengseh, T. (2022). Efektivitas Penambahan *Moving Bed Biofilm Reaktor* (MBBR) Terhadap Kualitas Air Limbah di Instalasi Pengolahan Air Limbah Pondok Pesantren Mahasiswa Universitas Islam Lamongan. *JURNAL ILMIAH SAINS*, 22(1), 67. <https://doi.org/10.35799/jis.v22i1.35562>
- Anisa, A., & Herumurti, W. (2017). Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan *Moving Bed Biofilm Reaktor* (MBBR) dengan Proses Aerobik-Anoksik untuk Menurunkan Konsentrasi Senyawa Organik dan Nitrogen. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.25166>
- Anugroho, F., Sirrajudin, A. D., & Putri, D. K. (2019). *Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah MCK (IPAL-MCK) Berbasis Biofilm Mikroalga Skala Rumah Tangga*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:198445962>

- Basmi, J., Suwignyo, P., Adiwilaga, E. M., & Widjaja, F. (1991). *Pola distribusi dan peran bahan organik terhadap kualitas air pada zona eufotik di sekitar perikanan net apung di danau Lido Jawa Barat*. IPB University.
- Brady, J. E. (1999). *Kimia Universitas Asas & Struktur* (1st ed.). Binarupa Aksara.
- Busyairi, M., Dewi, Y. P., Devita, D., & Widodo, I. (2016). *EFEKTIVITAS KAPORIT PADA PROSES KLOORINASI TERHADAP PENURUNAN BAKTERI Coliform DARI LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT X SAMARINDA (The Effectiveness of Calcium Hypochlorite to Chlorination Process in Decreasing the Amount of Coliform Bacteria in the Wastewater of X Hospital, Samarinda)* (Vol. 23, Issue 2).
- Busyairi, M., Dewi, Y. P., & Widodo, D. I. (2016). EFEKTIVITAS KAPORIT PADA PROSES KLOORINASI TERHADAP PENURUNAN BAKTERI *Coliform* DARI LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT X SAMARINDA (The Effectiveness of Calcium Hypochlorite to Chlorination Process in Decreasing the Amount of *Coliform* Bacteria in the Wastewater of X). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 23(2), 156. <https://doi.org/10.22146/jml.18786>
- Chaudhary, D. S., Vigneswaran, S., Ngo, H.-H., Shim, W. G., & Moon, H. (2003). Biofilter in water and wastewater treatment. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 20(6), 1054–1065. <https://doi.org/10.1007/BF02706936>
- Chen, S., Sun, D., & Chung, J.-S. (2008). Simultaneous removal of COD and ammonium from landfill leachate using an anaerobic–aerobic moving-bed biofilm reactor system. *Waste Management*, 28(2), 339–346. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.01.004>
- Criscone, J. M. (1993). *Activated Carbon*. UCAR Carbon Company Inc.
- Dewi, W. T., Budiarsa Suyasa, I. W., & Rai, I. N. (2019). Pengaruh Penambahan Lumpur Aktif Pada Biofilter Anoksik-Oksik Dalam Menurunkan Kadar Amonia Air Limbah Rumah Sakit. *ECOTROPHIC : Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 13(1), 49. <https://doi.org/10.24843/EJES.2019.v13.i01.p06>

- Dwipa, D. A. J., Hanani D M.Kes Yusniar, S. T. P., & Joko Ir. Tri, M. S. (2013). Kadar Sisa Chlor Dan Kandungan Bakteri E.coli Perusahaan Air Minum Tirta Moedal Semarang Sebelum Dan Sesudah Pengolahan. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro*, 2(2).
- Faggiano, A., Motta, O., Ricciardi, M., Cerrato, F., Garcia Junior, C. A., Fiorentino, A., & Proto, A. (2023). Integrated Anaerobic–Aerobic *Moving Bed Biofilm Reaktor* and Biochar Adsorption for the Efficient Removal of Organic Matter and Nutrients from Brazilian Landfill Leachate. *Sustainability*, 15(18), 13914. <https://doi.org/10.3390/su151813914>
- Fajar, I., Yudha Perwira, I., & Made Ernawati, N. (2022). Pengaruh Derajat Keasaman (pH) terhadap Pertumbuhan Bakteri Toleran Kromium Heksavalen dari Sedimen Mangrove di Muara Tukad Mati, Bali. In *Current Trends in Aquatic Science V* (Issue 1).
- Gislon, P., Galli, S., & Monteleone, G. (2013). Siloxanes removal from biogas by high surface area adsorbents. *Waste Management*, 33(12), 2687–2693. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.08.023>
- Goldman, C. R., & Horne, A. J. (1983). *Limnology*. McGraw-Hill Book Co.
- Gu, Q., Sun, T., Wu, G., Li, M., & Qiu, W. (2014). Influence of carrier filling ratio on the performance of *Moving Bed Biofilm Reaktor* in treating coking wastewater. *Bioresource Technology*, 166, 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.05.026>
- Hatina, S., & Winoto, E. (2020). Pemanfaatan Karbon Aktif dari Serbuk Kayu Merbau dan Tongkol Jagung sebagai Adsorben untuk Pengolahan Limbah Cair AAS. *Jurnal Redoks*, 5(1), 32–46.
- Hendricks, D. (2016). *Fundamentals of Water Treatment Unit Processes*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781439895092>
- Hidayah, E. N., Djalalembah, A., Asmar, G. A., & Cahyonugroho, O. H. (2018). Pengaruh Aerasi Dalam Constructed Wetland Pada Pengolahan Air Limbah Domestik. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(2), 155. <https://doi.org/10.14710/jil.16.2.155-161>
- Husein, S. (2022). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Teknologi Biofilm dengan Media Potongan Bambu untuk Penurunan

- Kadar Deterjen, COD, BOD, dan Amonia. *JURNAL TECHLINK*.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:257974385>
- Imania, W. A., & Herumurti, W. (2018). Pengolahan Lindi Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) dengan Pre-treatment Ozon untuk Menurunkan Konsentrasi COD. *JURNAL TEKNIK ITS*, 7(1), 203–206.
- Ishaq, R. (2010). *Pedoman Tekhnologi Proses Biofilter Tercelup (Submerged Biofilter)*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB.
- Jagaba, A. H., Kutty, S. R. M., Isa, M. H., Ghaleb, A. A. S., Lawal, I. M., Usman, A. K., Birniwa, A. H., Noor, A., Abubakar, S., Umaru, I., Saeed, A. A. H., Afolabi, H. K., & Soja, U. B. (2022). Toxic Effects of Xenobiotic Compounds on the Microbial Community of Activated Sludge. *ChemBioEng Reviews*, 9(5), 497–535.
<https://doi.org/10.1002/cben.202100055>
- Jusepa, N. R., & Herumurti, W. (2017). Pengolahan Lindi Menggunakan *Moving Bed Biofilm Reaktor* dengan Proses Anaerobik-Aerobik-Anoksik. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2).
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.19116>
- Kemenkes RI. (2004). *Permenkes RI. 2004. No. 1204/Menkes/SK/X/2004. Tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit*.
- Kemenkes RI. (2020). *Informasi Statistik Pengelolaan Limbah Cair Tahun 2020*. [Http://Kesling.Kesmas.Kemkes.Go.Id](http://Kesling.Kesmas.Kemkes.Go.Id).
- Kemenkes RI. (2023). *Data Pusat Kesehatan Masyarakat Teregistrasi Semester II Tahun 2022* (HK.01.07/MENKES/1351/2023).
- Khaer, A. (2015). *Efektifitas Biofilter Anaerob-Aerob Media Model Sarang Tawon Dalam Mereduksi Kualitas Parameter Fisik, Kimia Dan Bakteriologis Air Limbah Rumah Sakit*. Universitas Hasanuddin.
- Khair, A. S. E., Elfaig, A. H. I., Yassen, M. E., Purwanto, P., & Sunoko, H. R. (2023). Environmental Pollution From Cane Sugar Factories: A Study of Chemical Features Variations in the Wastewater. *Jurnal Pendidikan Ipa Indonesia*, 12(1), 32–42.
<https://doi.org/10.15294/jpii.v12i1.40116>

- Khamidah, Saam, Z., & Anita, S. (2018). Efektivitas Sistem Pengolahan Limbah Terhadap Kualitas Limbah Cair Puskesmas di Kota Pekanbaru. . *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(1).
- Kirk, & Othmer. (1964). *Encyclopedia of Chemical Technology* (Vol. 4). John Wiley Sons, Inc.
- Lewar, Y. S., Herawati, H., & Kahar, A. (2020). Pengaruh Temperatur Terhadap COD, BOD dan VFA pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) dalam Bioreaktor Anaerobik. *Jurnal Chemurgy*, 4(2), 8. <https://doi.org/10.30872/cmg.v4i2.4588>
- Loukidou, M. X., & Zouboulis, A. I. (2001). Comparison of two biological treatment processes using attached-growth biomass for sanitary landfill leachate treatment. *Environmental Pollution*, 111(2), 273–281. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00069-5](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00069-5)
- Luo, H., Zeng, Y., Cheng, Y., He, D., & Pan, X. (2020). Recent advances in municipal landfill leachate: A review focusing on its characteristics, treatment, and toxicity assessment. *Science of The Total Environment*, 703, 135468. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135468>
- Manila, R. L., & Sarto, S. (2017). Evaluasi sistem pengelolaan limbah medis Puskesmas di wilayah Kabupaten Bantul. *Berita Kedokteran Masyarakat*, 33(12), 587. <https://doi.org/10.22146/bkm.25948>
- Martín-Pascual, J., Leyva-Díaz, J. C., & Poyatos, J. M. (2016). Treatment of urban wastewater with pure moving bed membrane bioreactor technology at different filling ratios, hydraulic retention times and temperatures. *Annals of Microbiology*, 66(2), 607–613. <https://doi.org/10.1007/s13213-015-1145-7>
- Matyja, K., Wasiela, A., Dobicki, W., Pokorny, P., & Trusek, A. (2021). Dynamic modeling of the activated sludge microbial growth and activity under exposure to heavy metals. *Bioresource Technology*, 339, 125623. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125623>
- Mulyati, S. A., Azizah, M., Srikandi, S., Maidaswar, M., & Atikah, N. (2022a). The Effectiveness of Chlorine Tablets to Reducing *Coliform* in Wastewater Treatment Plant. *JURNAL SAINS NATURAL*, 12(1), 10. <https://doi.org/10.31938/jsn.v12i1.340>

- Mulyati, S. A., Azizah, M., Srikandi, S., Maidaswar, M., & Atikah, N. (2022b). The Effectiveness of Chlorine Tablets to Reducing *Coliform* in Wastewater Treatment Plant. *JURNAL SAINS NATURAL*, 12(1), 10. <https://doi.org/10.31938/jsn.v12i1.340>
- Mz, R. P., Suyatno, S., & Anggareni, M. (2017). *Efektifitas Antimikroba Tepung Bunga Kecombrang (Nicolaia spesiosa Horan) Terhadap Karakteristik Pertumbuhan Mikroorganisme Cuka Pempek Selama Penyimpanan*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:194575837>
- Ødegaard, H. (1999). *The Moving Bed Biofilm Reaktor*. In Igarashi, T., Watanabe, Y., Asano, T. and Tambo, N.: *Water Environmental Engineering and Reuse of Water*, (pp. 250–305). Hokkaido Press .
- Ongena, S., de Walle, A. Van, Mosquera-Romero, S., Driesen, N., Gutierrez, L., & Rabaey, K. (2023). Comparison of MBR and MBBR followed by UV or electrochemical disinfection for decentralized greywater treatment. *Water Research*, 235, 119818. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119818>
- Padmanabhan, K. K., & Barik, D. (2019). Health Hazards of Medical Waste and its Disposal. In *Energy from Toxic Organic Waste for Heat and Power Generation* (pp. 99–118). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102528-4.00008-0>
- Patel, M., Kumar, R., Kishor, K., Mlsna, T., Pittman, C. U., & Mohan, D. (2019). Pharmaceuticals of Emerging Concern in Aquatic Systems: Chemistry, Occurrence, Effects, and Removal Methods. *Chemical Reviews*, 119(6), 3510–3673. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00299>
- Prayitno. (2011). Hospital Wastewater Treatment Technology. *J-PAL*, 1(2), 72–139.
- proconwater. (2016). *Sistem MBBR (Moving Bed Biofilm Reaktor)*. <https://www.proconwater.co.id/paket-sistem-mbbr--moving-bed-biofilm-reactor-.html>.
- Rahmadyanti, E. (2020). Integrated System of Biofilter and Constructed Wetland for Sustainable Batik Industry. *International Journal of Geomate*, 18(70). <https://doi.org/10.21660/2020.70.61681>

- Rahmawati, J. O., & Nurhayati, I. (2016). PENGARUH JENIS MEDIA FILTRASI KUALITAS AIR SUMUR GALI. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 14(2), 32–38. <https://doi.org/10.36456/waktu.v14i2.131>
- Ramadina, P. D. Z. (2023, March 14). *Mengenal MBBR Dengan Aerasi Nanobubble*. <https://Nanobubble.Id/Blog/Mengenal-MBBR-Dengan-Teknologi-Nanobubble>.
- Ramírez-Coronel, A. A., Mohammadi, M. J., Majdi, H. Sh., Zabibah, R. S., Taherian, M., Prasetio, D. B., Gabr, G. A., Asban, P., Kiani, A., & Sarkohaki, S. (2023). Hospital wastewater treatment methods and its impact on human health and environments. *Reviews on Environmental Health*, 0(0). <https://doi.org/10.1515/reveh-2022-0216>
- Rijali, A., Malik, U., & Zulkarnain, Z. (2015). Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Bambu Betung dengan Aktivasi Menggunakan Activating Agent H₂O. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau*, 2(1), 102–107.
- Rippy, M. A. (2015). Meeting the Criteria: Linking Biofilter Design to Fecal Indicator Bacteria Removal. *Wiley Interdisciplinary Reviews Water*, 2(5), 577–592. <https://doi.org/10.1002/wat2.1096>
- Ruhmawati, T., Budiasyah, T., & Setiawan, R. (2020). Efisiensi Penyisihan Kadar Amoniak Limbah Cair Rumah Sakit dengan Proses Adsorpsi Karbon Aktif Biji Plastik. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 19(2), 82–88. <https://doi.org/10.14710/jkli.19.2.82-88>
- Rusten, B., Eikebrokk, B., Ulgenes, Y., & Lygren, E. (2006). Design and operations of the Kaldnes *Moving Bed Biofilm Reactors*. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 322–331. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.04.002>
- Safitri, I. (2019). *Pemantauan Mikroorganisme Bakteri Aerobudara Melayang Pada Ruang Rawat Inap Kemuningtuberkulosis Dan Ruang Anturium di RSUP DR. Hasansadikin Bandung*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:209963564>
- Said, N. I. (2000). Teknologi Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biofilm Tercelup. *Jurnal Teknologi Lingkungan BPPT*, 1(2). <https://doi.org/10.29122/jtl.v1i2.169>

- Said, N. I. (2001). Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Dengan Proses Biologis Biakan Melekat Menggunakan Media Palstik Sarang Tawon. *Jurnal Teknologi Lingkungan BPPT*, 2(3). <https://doi.org/10.29122/jtl.v2i3.217>
- Said, N. I. (2017). *Tekhnologi Pengolahan Air Limbah: Teori Dan Aplikasi*. Erlangga.
- Said, N. I. (2018). DISINFEKSI UNTUK PROSES PENGOLAHAN AIR MINUM. *Jurnal Air Indonesia*, 3(1). <https://doi.org/10.29122/jai.v3i1.2314>
- Said, N. I., & Syabani, M. R. (2018). Penghilangan Amoniak Di Dalam Air Limbah Domestik Dengan Proses *Moving Bed Biofilm Reaktor* (MBBR). *Jurnal Air Indonesia*, 7(1). <https://doi.org/10.29122/jai.v7i1.2399>
- Saryati, Sutisna, Sumarjo, Wildan ZL, Wahyudianingsih, & Suprpti, S. (2002). KOMPOSIT TAWAS ARANG AKTIF ZEOLIT UNTUK MEMPERBAIKI KUALITAS AIR. *Jurnal Sains Materi Indonesia (Indonesian Journal of Materials Science)*, 4(1).
- Sasono, E., & Asmara, P. (2013). Penurunan KADAR BOD dan COD Air Limbah UPT Puskesmas Janti Kota Malang Dengan Metode Conctructed Wetland. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 11(1), 60–70. <https://doi.org/10.36456/waktu.v11i1.869>
- Sastrawidana, D. K. (2013). Uji Coba Teknologi Biofilm Konsorsium Bakteri Pada Reaktor Semianaerob-Aerob Untuk Pengolahan Air Limbah Di Industri Pencelupan Tekstil Skala Rumah Tangga. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 2(1). <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v2i1.1424>
- Singh, N. K., & Kazmi, A. A. (2016). Environmental performance and microbial investigation of a single stage aerobic integrated fixed-film activated sludge (IFAS) reactor treating municipal wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4(2), 2225–2237. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2016.04.001>
- Snyder, R., & Wyant, D. (n.d.). *Activated Sludge Process Control Training Manual For Wastewater Treatment Plant Operators*. www.michigan.gov/deq800-662-9278EnvironmentalAssistanceCenter4/17

- Sontheimer, E. J. (1985). *Activated Carbon for Water Treatment*. Elsevier.
- Supriyanto, G., & Issa, R. T. (2017). Inovasi Dan Pengembangan Teknologi Moving Bed Bioreactor (MBBR) Untuk Pengolahan Limbah Cair Domestik, Rumah Sakit dan Industri. *Prosiding Simposium II – UNIID*, 502–506.
- Susana, T. (2009). Tingkat Keasaman (pH) Dan Oksigen Terlarut Sebagai Indikator Kualitas Perairan Sekitar Muara Sungai Cisadane. *INDONESIAN JOURNAL OF URBAN AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY*, 5(2), 33. <https://doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v5i2.675>
- Suyasa, B. W. (2015). *Pencemaran Air Dan Pengolahan Air Limbah* (1st ed.). Udayana University Press.
- Taer, E., Deraman, M., Talib, I. A., Awitdrus, A., Hashmi, S. A., & Umar, A. A. (2011). Preparation of a Highly Porous Binderless Activated Carbon Monolith from Rubber Wood Sawdust by a Multi-Step Activation Process for Application in Supercapacitors. *International Journal of Electrochemical Science*, 6(8), 3301–3315. [https://doi.org/10.1016/S1452-3981\(23\)18253-8](https://doi.org/10.1016/S1452-3981(23)18253-8)
- Valentukeviciene, M., Andriulaityte, I., Karczmarczyk, A., & Zurauskiene, R. (2024). Removal of Residual Chlorine from Stormwater Using Low-Cost Adsorbents and Phytoremediation. *Environments*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/environments11050101>
- Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment, Selection and Design*. Butterworth- Heinemann.
- Wei, Y., Cui, M., Ye, Z., & Guo, Q. (2021). Environmental challenges from the increasing medical waste since SARS outbreak. *Journal of Cleaner Production*, 291, 125246. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125246>
- Wu, J., Cedergren, A., Fängmark, I., Claesson, O., & Hammarström, L.-G. (2004). *Modeling adsorption of organic compounds on activated carbon : a multivariate approach*. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:umu:diva-297>
- Wulansari, S., & Rukmini. (2015). Ketersediaan Dan Kelayakan Penanganan Limbah Puskesmas Berdasarkan Topografi Dan

Geografi di Indonesia. *Puslitbang Humaniora Dan Manajemen Kesehatan, Badan Litbang Kesehatan, Kemenkes RI*, 33–39.

- Yang, Y., Wang, L., Xiang, F., Zhao, L., & Qiao, Z. (2020). Activated Sludge Microbial Community and Treatment Performance of Wastewater Treatment Plants in Industrial and Municipal Zones. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2), 436. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020436>
- Zahra, L. Z., & Purwanti, I. F. (2015). Pengolahan Limbah Rumah Makan dengan Proses Biofilter Aerobik. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1).
- Zhang, H., Yan, D., Zhu, Y., Li, Y., Zhang, G., Jiao, Y., Chen, Q., & Li, S. (2023). Effect of Cd(II) shock loading on performance, microbial enzymatic activity and microbial community in a sequencing batch reactor. *Journal of Environmental Management*, 342, 118108. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118108>

Lampiran 1 Tabel Hasil Penelitian

Tabel 8 Rata-rata pH setelah pengolahan

Lokasi	Perlakuan	Nilai pH	Deviasi	Keterangan
Tammaung	Kontrol	7.73	0.416	Baku mutu : pH 6-9 PermenLH P.68/Menlhk- Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	7.50	0.346	
Kassi-Kassi	Kontrol	7.53	0.115	
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	7.27	0.115	
Antang	Kontrol	7.40	0.200	
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	6.93	0.306	

Sumber : Data Primer

Tabel 9 Rata-rata Suhu setelah pengolahan

Lokasi	Perlakuan	Nilai Suhu	Deviasi	Keterangan
Tammaung	Kontrol	29.00	0	Baku mutu : nilai suhu adalah \leq 30°C. Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor : 69 tahun 2010 tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup,
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	28.57	0.21	
Kassi-Kassi	Kontrol	29.00	0	
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	28.33	0.58	
Antang	Kontrol	28.67	0.58	
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	28.73	0.31	

Sumber : Data Primer

Tabel 10 Rata-rata kandungan BOD₅ dan persentase penurunan setelah pengolahan

Lokasi	Perlakuan	Nilai BOD	Deviasi	Keterangan
Tammaung	Kontrol	112.10	0	Baku mutu : BOD 30 mg/L PermenLH P.68/Menlhk- Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	12.57	2.1	
Kassi-Kassi	Kontrol	224.10	0	
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	55.77	2.9	
Antang	Kontrol	249.60	0	
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	66.90	2.6	

Sumber : Data Primer

Tabel 11 Rata-rata kandungan COD dan persentase penurunan setelah pengolahan

Lokasi	Perlakuan	Nilai COD	Deviasi	Keterangan
Tammaung	Kontrol	410	0	Baku mutu : COD 100 mg/L PermenLH P.68/Menlhk- Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	55.3333	3	
Kassi-Kassi	Kontrol	520	0	
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	127.3333	4.6	
Antang	Kontrol	680	0	
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	187.6667	1.52	

Sumber : Data Primer

Tabel 12 Rata-rata kandungan TSS dan persentase penurunan setelah pengolahan

Lokasi	Perlakuan	Nilai TSS	Deviasi	Keterangan
Tammaung	Kontrol	150.00	0	Baku mutu : TSS 30 mg/L PermenLH P.68/Menlhk- Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	8.33	3.21	
Kassi-Kassi	Kontrol	300.00	0	
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	56.67	2.89	
Antang	Kontrol	316.00	0	
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	62.33	4.73	

Sumber : Data Primer

Tabel 13 Rata-rata kandungan Ammoniak dan persentase penurunan setelah pengolahan

Lokasi	Perlakuan	Nilai NH3	Deviasi	Keterangan
Tammaung	Kontrol	23.5300	0	Baku mutu : NH3 10 mg/L PermenLH P.68/Menlhk- Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	0.0000	0	
Kassi-Kassi	Kontrol	47.6300	0	
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	0.0000	0	
Antang	Kontrol	47.2000	0	
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	0.0000	0	

Sumber : Data Primer

Tabel 14 Rata-rata kandungan MPN *Coliform* dan persentase penurunan setelah pengolahan

Lokasi	Perlakuan	Nilai MPN <i>Coliform</i>	Deviasi	Keterangan
Tammaung	Kontrol	24000.00	0	Baku mutu : Total <i>Coliform</i> 3000/100ml PermenLH P.68/Menlhk- Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	573.33	202.07	
Kassi-Kassi	Kontrol	24000.00	0	
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	610.00	36.06	
Antang	Kontrol	24000.00	0	
	MBBR+Arang Aktif+Klorin	496.67	104.08	

Sumber : Data Primer

Tabel 15 hasil uji statistic multivariat

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Lokasi	COD	121771.44 4	2	60885.722	11070.131	0.000'
	BOD	31114.534	2	15557.267	4663.294 1.30563E+3	0.000'
	NH3	570.632	2	285.316	1	0.000'
	<i>Coliform</i>	10033.333	2	5016.667	0.568	0.581
	TSS	44102.778	2	22051.389	3227.033	0.000'
	pH	0.608	2	0.304	4.022	0.046
	Suhu	0.043	2	0.022	0.162	0.852
Perlakuan	COD	768386.72 2	1	768386.722	139706.677	0.000'
	BOD	101505.16 1	1	101505.161	30426.193 3.20533E+3	0.000'
	NH3	7004.545 247245120	1	7004.545	2	0.000'
	<i>Coliform</i>	0 203947.55	1	2472451200	280076.284	0.000'
	TSS	6	1	203947.556	29845.984	0.000'
	pH	0.467	1	0.467	6.184	0.029
	Suhu	0.534	1	0.534	3.988	0.069
Lokasi * Perlakuan	COD	15164.778	2	7582.389	1378.616	0
	BOD	5928.268	2	2964.134	888.5	0

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
	NH3	570.632	2	285.316	1.30563E+3	0
	<i>Coliform</i>	10033.333	2	5016.667	0.568	0.581
	TSS	11493.444	2	5746.722	840.984	0
	pH	0.048	2	0.024	0.316	0.735
	Suhu	0.421	2	0.211	1.573	0.247

a R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

b R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

c R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

d R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

e R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

f R Squared = .553 (Adjusted R Squared = .367)

g R Squared = .383 (Adjusted R Squared = .126)

Tabel 16 hasil uji statistic Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent Variable	(I) Lokasi	(J) Lokasi	Mean Difference		Sig.	95% Confidence Interval	
			(I-J)	Std. Error		Lower Bound	Upper Bound
COD	Tamamaung	Kassi Kassi	-91,0000*	1,35401	,000	-94,6123	-87,3877
		Antang	-201,1667*	1,35401	,000	-204,7790	-197,5544
	Kassi Kassi	Tamamaung	91,0000*	1,35401	,000	87,3877	94,6123
		Antang	-110,1667*	1,35401	,000	-113,7790	-106,5544
	Antang	Tamamaung	201,1667*	1,35401	,000	197,5544	204,7790
		Kassi Kassi	110,1667*	1,35401	,000	106,5544	113,7790
BOD	Tamamaung	Kassi Kassi	-77,6000*	1,05453	,000	-80,4133	-74,7867
		Antang	-95,9167*	1,05453	,000	-98,7300	-93,1033
	Kassi Kassi	Tamamaung	77,6000*	1,05453	,000	74,7867	80,4133
		Antang	-18,3167*	1,05453	,000	-21,1300	-15,5033
	Antang	Tamamaung	95,9167*	1,05453	,000	93,1033	98,7300
		Kassi Kassi	18,3167*	1,05453	,000	15,5033	21,1300
NH3	Tamamaung	Kassi Kassi	-12,0500*	,00000	,000	-12,0500	-12,0500
		Antang	-11,8350*	,00000	,000	-11,8350	-11,8350
	Kassi Kassi	Tamamaung	12,0500*	,00000	,000	12,0500	12,0500
		Antang	,2150*	,00000	,000	,2150	,2150

	Antang	Tamamaung	11,8350*	,00000	,000	11,8350	11,8350
		Kassi Kassi	-,2150*	,00000	,000	-,2150	-,2150
<i>Coliform</i>	Tamamaung	Kassi Kassi	-18,3333	54,24567	,939	-163,0534	126,3867
		Antang	38,3333	54,24567	,764	-106,3867	183,0534
	Kassi Kassi	Tamamaung	18,3333	54,24567	,939	-126,3867	163,0534
		Antang	56,6667	54,24567	,564	-88,0534	201,3867
	Antang	Tamamaung	-38,3333	54,24567	,764	-183,0534	106,3867
		Kassi Kassi	-56,6667	54,24567	,564	-201,3867	88,0534
TSS	Tamamaung	Kassi Kassi	-99,1667*	1,50923	,000	-103,1931	-95,1402
		Antang	-110,0000*	1,50923	,000	-114,0264	-105,9736
	Kassi Kassi	Tamamaung	99,1667*	1,50923	,000	95,1402	103,1931
		Antang	-10,8333*	1,50923	,000	-14,8598	-6,8069
	Antang	Tamamaung	110,0000*	1,50923	,000	105,9736	114,0264
		Kassi Kassi	10,8333*	1,50923	,000	6,8069	14,8598
pH	Tamamaung	Kassi Kassi	,2167	,15870	,389	-,2067	,6401
		Antang	,4500*	,15870	,037	,0266	,8734
	Kassi Kassi	Tamamaung	-,2167	,15870	,389	-,6401	,2067
		Antang	,2333	,15870	,339	-,1901	,6567
	Antang	Tamamaung	-,4500*	,15870	,037	-,8734	-,0266
		Kassi Kassi	-,2333	,15870	,339	-,6567	,1901
Suhu	Tamamaung	Kassi Kassi	,1167	,21126	,847	-,4469	,6803

	Antang	,0833	,21126	,918	-,4803	,6469
Kassi Kassi	Tamamaung	-,1167	,21126	,847	-,6803	,4469
	Antang	-,0333	,21126	,986	-,5969	,5303
Antang	Tamamaung	-,0833	,21126	,918	-,6469	,4803
	Kassi Kassi	,0333	,21126	,986	-,5303	,5969

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = ,134.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian



Proses Pembuatan Alat Penelitian



Proses Penumbuhan Bakteri dan Penambahan Bakteri Starter



Rancangan Alat Penelitian siap dipakai



Proses Pengambilan Sampel di Tiga Puskesmas



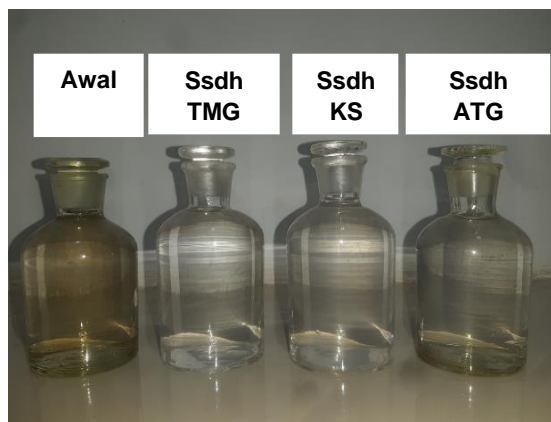
Proses Pengoperasian Alat



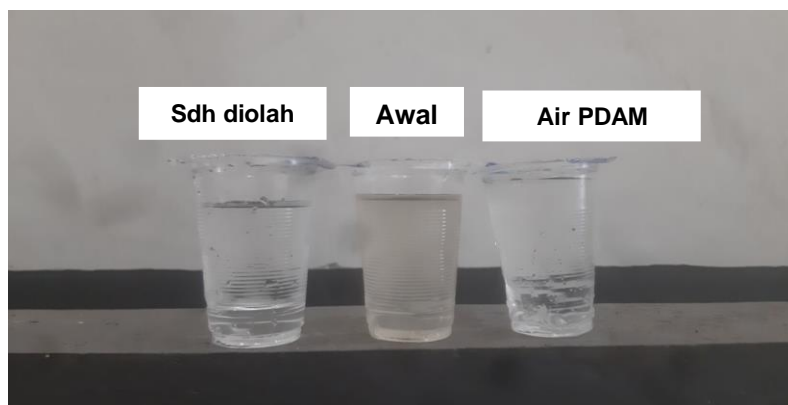
Proses Pengambilan Sampel Hasil Pengolahan



Proses Pemeriksaan Parameter Uji di Laboratorium



Perbedaan Sampel Awal dan Sesudah Pengolahan dari Kiri Kekanan Sesuai Sumber Air Limbah



Perbedaan Sampel Awal dan Sesudah Pengolahan

Lampiran 3 Izin Penelitian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
SEKOLAH PASCASARJANA
JL. PERINTIS KEMERDEKAAN KM. 10, MAKASSAR 90245
TELEPON (0411) 586200, (6 SALURAN), 584200, FAX (0411) 585188
Laman: www.unhas.ac.id

Nomor : 18324/UN4.20.1/PT.01.04/2023
Hal : Permohonan Izin Penelitian

6 November 2023

Yth. Kepala Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu (DPMPSTP)
Provinsi Sulawesi Selatan
Cq. Bidang Penyelenggaraan Pelayanan Perizinan

Dengan hormat disampaikan bahwa mahasiswa Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang tersebut dibawah ini :

Nama : Budirman
Nomor Pokok : P032221002
Program Pendidikan : Magister (S2)
Program Studi : Pengelolaan Lingkungan Hidup

Bermaksud melakukan penelitian dalam rangka persiapan penulisan tesis terkait dengan judul "Efektifitas Penggunaan Biofilter Teknologi Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbf) Kombinasi Karbon Aktif Dalam Pengolahan Air Limbah Puskemas Di Kota Makassar".

Sehubungan dengan hal tersebut, mohon kiranya yang bersangkutan diberikan izin untuk melakukan penelitian di instansi yang Bapak/Ibu pimpin.

Atas perkenan dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

an. Dekan,
Wakil Dekan Bidang Akademik dan
Kemahasiswaan



Prof. Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch., Ph.D.
NIP. 196903081995121001

Tembusan:

1. Dekan SPs. Unhas "sebagai laporan";
2. Mahasiswa yang bersangkutan;
3. Peringgal.



**PEMERINTAH KOTA MAKASSAR
DINAS KESEHATAN**

Jl. Teduh Bersinar No. 1 Makassar

No : 440/16/PSDK/XII/2023

Lamp : -

Perihal : Penelitian

Kepada Yth,

Kepala Puskesmas Antang

Di -

Tempat

Sehubungan surat dari Badan Kesatuan Bangsa dan Kesatuan Politik No : 070/850/SKP/DPMPTSP/9/2023 tanggal 8 November 2023, maka bersama ini di sampaikan kepada saudara bahwa :

Nama : **Budirman,S.ST**
NIM : **P032221002**
Pekerjaan : S2 Pengelolaan Lingkungan hidup
Institusi :
Tanggal Penelitian : 8 November 2023 s/d 28 Februari 2024
Judul Disertasi : Efektifitas Penggunaan Biofilter Teknologi Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) kombinasi Karbon Aktif dalam pengolahan air limbah Puskesmas di kota Makassar

Akan melaksanakan kegiatan persiapan penelitian di wilayah kerja yang saudara pimpin.
Demikian disampaikan,atas kerjasamanya diucapkan terima kasih

Makassar, 8 Desember 2023
Kepala Dinas kesehatan
Kota Makassar

dr. Nursaldan Sirajuddin, M.Kes

Pangkat : Pembina TK I/IV B
NIP : 19730112 2006042012



**PEMERINTAH PROVINSI SULAWESI SELATAN
DINAS PENANAMAN MODAL DAN PELAYANAN TERPADU SATU PINTU**

Jl. Bougenville No.5 Telp. (0411) 441077 Fax. (0411) 448938
Website : <http://simap-new.sulselprov.go.id> Email : ptsp@sulselprov.go.id
Makassar 90231

Nomor	: 29061/S.01/PTSP/2023	Kepada Yth.
Lampiran	: -	Walikota Makassar
Perihal	: <u>Izin penelitian</u>	

di-
Tempat

Berdasarkan surat Dekan PPs Univ. Hasanuddin Makassar Nomor : 18324/UN4.20.1/PT.01.04/2023 tanggal 06 November 2023 perihal tersebut diatas, mahasiswa/peneliti dibawah ini:

N a m a	: BUDIRMAN, S.ST
Nomor Pokok	: P032221002
Program Studi	: Pengelolaan Lingkungan Hidup
Pekerjaan/Lembaga	: Mahasiswa (S2)
Alamat	: Jl. P. Kemerdekaan Km 10, Makassar

PROVINSI SULAWESI SELATAN

Bermaksud untuk melakukan penelitian di daerah/kantor saudara dalam rangka menyusun Tesis, dengan judul :

" EFEKTIFITAS PENGGUNAAN BIOFILTER TEKNOLOGI MOVING BED BIOFILM REACTOR (MBBR) KOMBINASI KARBON AKTIF DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH PUSKEMAS DI KOTA MAKASSAR "

Yang akan dilaksanakan dari : Tgl. 08 November 2023 s/d 28 Februari 2024

Sehubungan dengan hal tersebut diatas, pada prinsipnya kami *menyetujui* kegiatan dimaksud dengan ketentuan yang tertera di belakang surat izin penelitian.

Demikian Surat Keterangan ini diberikan agar dipergunakan sebagaimana mestinya.

Diterbitkan di Makassar
Pada Tanggal 08 November 2023

**KEPALA DINAS PENANAMAN MODAL DAN PELAYANAN TERPADU
SATU PINTU PROVINSI SULAWESI SELATAN**



ASRUL SANI, S.H., M.Si.
Pangkat : PEMBINA TINGKAT I
Nip : 19750321 200312 1 008

Tembusan Yth
1. Dekan PPs Univ. Hasanuddin Makassar di Makassar;
2. *Pertinggal.*



**PEMERINTAH KOTA MAKASSAR
DINAS KESEHATAN**

Jl. Teduh Bersinar No. 1 Makassar

No : 440/16/PSDK/XII/2023

Lamp :-

Perihal : Penelitian

Kepada Yth,

Kepala Puskesmas Kassi kassi

Di -

Tempat

Sehubungan surat dari Badan Kesatuan Bangsa dan Kesatuan Politik No : 070/650/SKP/DPMPSTSP/9/2023 tanggal 8 November 2023, maka bersama ini di sampaikan kepada saudara bahwa :

Nama : **Budirman,S.ST**
NIM : **P032221002**
Pekerjaan : S2 Pengelolaan Lingkungan hidup
Institusi :
Tanggal Penelitian : 8 November 2023 s/d 28 Februari 2024
Judul Disertasi : Efektifitas Penggunaan Biofilter Teknologi Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) kombinasi Karbon Aktif dalam pengolahan air limbah Puskesmas di kota Makassar

Akan melaksanakan kegiatan persiapan penelitian di wilayah kerja yang saudara pimpin. Demikian disampaikan,atas kerjasamanya diucapkan terima kasih

Makassar, 4 Desember 2023
Kepala Dinas kesehatan
Kota Makassar

dr. Nursaidan Sirajuddin, M. Kes
Pangkat : Pembina TK I/IV B
NIP * : 19730112 2006042012



**PEMERINTAH KOTA MAKASSAR
DINAS KESEHATAN**

Jl. Teduh Bersinar No. 1 Makassar

No : 440/16/PSDK/XII/2023
Lamp : -
Perihal : Penelitian

Kepada Yth,
Kepala Puskesmas Tamamaung
Di -
Tempat

Sehubungan surat dari Badan Kesatuan Bangsa dan Kesatuan Politik No : 070/650/SKP/DPMPTSP/9/2023 tanggal 8 November 2023, maka bersama ini di sampaikan kepada saudara bahwa :

Nama : **Budirman,S.ST**
NIM : **P032221002**
Pekerjaan : S2 Pengelolaan Lingkungan hidup
Institusi :
Tanggal Penelitian : 8 November 2023 s/d 28 Februari 2024
Judul Disertasi : Efektifitas Penggunaan Biofilter Teknologi Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) kombinasi Karbon Aktif dalam pengolahan air limbah Puskesmas di kota Makassar

Akan melaksanakan kegiatan persiapan penelitian di wilayah kerja yang saudara pimpin.
Demikian disampaikan,atas kerjasamanya diucapkan terima kasih

Makassar, 4 Desember 2023
Kepala Dinas kesehatan
Kota Makassar

dr.Nursaidah Sirajuddin.M.Kes
Pangkat: Pembina TK I/IV B
NIP : 19730112 2006042012

Lampiran 4 Hasil Pemeriksaan Laboratorium



LABORATORIUM OSEANOGRAFI KIMIA
 DEPARTEMEN ILMU KELAUTAN
 FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
 UNIVERSITAS HASANUDDIN MAKASSAR
 Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Kampus Unhas Tamalanrea Makassar 90245

LAPORAN HASIL UJI

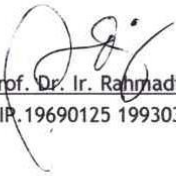
01/LOK/IV/2024

Nama Mahasiswa : Budirman
 Nomor Pokok : P032221002
 Program Pendidikan : Magister (S2)
 Program Studi : Pengelolaan Lingkungan Hidup
 Asal Sampel : Kota Makassar

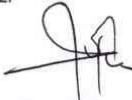
No	Kode Sampel	Parameter		
		pH	Amoniak (mg/L)	BOT (mg/L)
1	P.T	7.64	23.525	211.72
2	P.A	7.45	47.20	195.92
3	P.K	7.63	47.625	432.92

Makassar, 16 Mei 2024

Mengetahui
 Kepala Laboratorium


Prof. Dr. Ir. Rahmadi Tambaru, M.Si
 NIP. 19690125 1993031002

PLP


Isyanita, S.TP., M.M
 NIP. 197601221997032001



Kementerian Kesehatan
Poltekkes Makassar

Jalan Wijaya Kusuma Raya No. 46 Banta-Bantaeng
Makassar, Sulawesi Selatan 90222
08115566606
<https://portal.poltekkes-mks.ac.id>

HASIL PEMERIKSAAN LABORATORIUM

Nama Pengambi I : **BUDIRMAN**
Lokasi Pengambilan : PKM. Kassi-Kassi, PKM. Tamamaung, PKM. Antang
Jenis Pemeriksaan : Kimia dan Bakteriologis
Tanggal Pemeriksaan : 02 Februari 2024

No	Kode Sampel	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	Ammonia (mg/L)	MPN. Coliform
1	BDN/AW/04-PKM.TMG/II/24	112,1*	410*	150*	23,525*	24.000*
2	BDN/KNT/04-PKM.TMG/II/24	112,1*	112,1*	112,1*	112,1*	24000*
2	BDN/SSD/04-PKM.TMG-1/II/24	14,6	56	7	0	790
3	BDN/SSD/04-PKM.TMG-2/II/24	10,4	58	12	0	540
4	BDN/SSD/04-PKM.TMG-3/II/24	12,7	52	6	0	390
5	BDN/AW/05-PKM.KSI-/II/24	224,1*	520*	300*	47,625*	24.000*
6	BDN/KNT/05-PKM.TMG/II/24	112,1*	112,1*	112,1*	112,1*	24000*
7	BDN/SSD/05-PKM.KSI-1/II/24	58,8*	130*	55*	0	640
8	BDN/SSD/05-PKM.KSI-2/II/24	52,9*	122*	60*	0	620
9	BDN/SSD/05-PKM.KSI-3/II/24	55,6*	130*	55*	0	570
10	BDN/AW/06-PKM.ATG/II/24	249,6*	680*	316*	47,2*	24.000*
11	BDN/KNT/06-PKM.TMG/II/24	112,1*	112,1*	112,1*	112,1*	24000*
12	BDN/SSD/06-PKM.ATG-1/II/24	66,2*	188*	66*	0	580
13	BDN/SSD/06-PKM.ATG-2/II/24	64,7*	168*	57*	0	380
14	BDN/SSD/06-PKM.ATG-3/II/24	69,8*	189*	64*	0	530

Keterangan :

- * Tidak memenuhi syarat Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, untuk :
- BOD = 30 mg/L
 - COD = 100 mg/L
 - TSS = 30 mg/L
 - Ammonia = 10 mg/L
 - MPN Coliform = 3000 Jumlah/100 ml

Makassar, 15 Februari 2024

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan


Syamsuddin. S. SKM, M.Kes
NIP. 19731012200212002