

## DAFTAR PUSTAKA

- Alba, Michelia Amalia. 2019. Studi Penurunan Bahan Pencemar Organik pada Limbah Cair Pabrik Batik “R” di Sokaraja Kulon Progo oleh Bakteri Indigenous. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Afriani, N., & Ethica, S. N. 2018. Isolasi Bakteri Penghasil Lipase dan Protase Yang Berpotensi Sebagai Agen Bioremediasi dari Limbah Biomedis Cair Puskemas Halmahera Kota Semarang. Prosiding Seminar Nasional. Vol.1.
- Afrianto, Eddy. 2008. Pengawasan Mutu Bahan/Produk Pangan. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta
- Andary, Antania Hanjani, Oktiawan, Wiharyanto, dan Samudro, Ganjar. 2010. Studi Penurunan COD dan Warna pada Limbah Industri Testil PT. Apac Inti Corpora dengan Kombinasi Anaerob-Aerob Menggunakan UASB dan HUASB. Program Studi Teknik Lingkungan FT Universitas Diponegoro, Semarang.
- Andika, Bayu, dkk. 2020. Penentuan Nilai BOD dan COD Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. Jurnal Kima Sain dan Terapan Vol. 2 No.1.
- Anggraini, Reza Dwi. 2016. Penurunan BOD dan Pertumbuhan Bakteri pada Proses Pengelolaan Limbah Cair Domestik dengan Metode Biofilm. Sarjana Thesis. Universitas Brawijaya.
- Agustinus, Eko Tri Sumarnadi, dkk. 2014. Aplikasi Material Pseservasi Mikroorganisme (MPMO) dalam Pemrosesan Limbah Cair Organik pada Instalasi Pengolahan Air Limbah. Pusat Teknologi Penelitian Lipi.
- Arsyad, S dan Rustiadi, E. 2008. Penyelamat Tanah, Air, dan Lingkungan. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Aziz, Suhadi, et.al. 2019. Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit di PTPN VII Secara Aerobik.
- Batubara, Putri Husada. 2019. Evaluasi Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Hotel Madani Medan. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Sumatera Utara
- Bergey’s. 1998. *Manual of Determination Microbiology*.
- Bitton, G. dan Santika, S.S. 2012. Lumpur Aktif Dalam Pengolahan Air Limbah.
- Boleng, Didimus Tanah. 2015. Bakteriologi konsep – konsep dasar. Penerbitan Universitas Muhammadiyah Malang
- Cowan, S.T.; Steel, K.J.; Barrow, G.I. and Feltham, R.K.A., 1993, Cowan and Steel’s Manual for The Identification of Medical Bacteria 3rd Edition, Cambridge University Press, Australia
- Dirgantoro, Alphonsus Yospy G. 2017. Perbaikan Kualitas Limbah Cair Industri Kecap Dan Saos PT.Lombok Gandaria dengan Variasi Bakteri Indigenous. Jurnal: Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Divya et.al. 2015. Bioremediation- An Eco Frenld Tool for Effluent Treatment: A Review. International Journal of Applied research.
- Droste, Ronald L. 1997. Theoory and Practice of Water and Wastewater Treatment. USA: John Wiley & Sons Inc.

- Farida, Ida. 2007. Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada Air Limbah Domestik Menggunakan Reaktor Aerokarbonbiofilter. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.
- Farida. 2019. Analisis Biaya dan Nilai Tambah Pengolahan Wine Molase Tebu di Karang Asem Bali. *Jurnal Riset Manajemen dan Bisnis*. Vol. 4 No. 3
- Fauzi, Indah Dhamayanthie. 2017. Pengaruh Bakteri Pada Bak Aerasi Di Unit Waste Water Treatment
- Fidiastuti, Hasminar Rachman, et.al. 2017. Potensi Bakteri Indegenous dalam Mendegradasi Limbah Cair Pabrik Kulit Secara In Vitro. *Jurnal Biokesperimen* Vol.3, No.1. Malang.
- Fitriwati, et.al. 2020. *Potential Analysis of Palm Sugar Industry Development in Lombo Village, Sidrap District*. Hasanuddin University: Makassar
- Fogler, H.S., 1986, "Element of Chemical Reaction Engineering"
- Harish, M.N., et.al. 2020. *Utilization of Sugar Industry Waste in Agriculture*. Agricultural Research Institute: New Delhi.
- Hasmila. 2021. Uji Kemampuan Bakteri *Lactobasillus* sp. dalam Menghambat pertumbuhan bakteri patogen air *E-Coli* dan *Salmonella spp.* Secara In vitro. Tugas Akhir. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Herald, Denny. 2010. Pengaruh Rasio Waktu Reaksi Terhadap Waktu Stabilisasi pada Penyisihan Senyawa Organik dari Air Buangan Pabrik Minyak Kelapa Sawit dengan *Sequencing Batch Reactor Aerob.* Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas. Sumatera Barat.
- Hidayah, A.N., dan Y. Trihadiningrum. 2010. Penyisihan COD dan BOD dalam greywater dengan free water system constructed wetland, ITS. Surabaya.
- Holt, J.G et al., 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Ninth Ed. A Wolters Kluwer Company. Philadelphia. Hal 562-570.
- Indriyanti. 2003. Proses Pembenihan (Seeding) dan Aklimatisasi pada Reaktor Tipe *Fixed Bed*. Penelitian Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta.
- Ismail, M. 2020. Efektifitas Bakteri Indegenous Dalam mendegradasi Chemical Oxygen Demand (COD) pada Limbah Tenun. Tugas Akhir: Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Jamiyati, dkk. 2010. Bioremediasi Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Efektif Mikroorganisme (EM4). Ilmu Lingkungan, *Journal of Environmental Science*.
- Kasman, Monik, dkk.2018. Reduksi Pencemar Limbah Cair Industri Tahu dengan Tumbuhan Melati Air (*Echindorus palaefolius*) dalam Sistem Kombinasi *Constructed Wetland* dan Filtrasi. *Jurnal Litbang Industri* Vol. 8 No.1.
- Kurniawan, Ganda, dkk. 2014. Pengaruh Nutrisi Bakteri *Pseudomas* sp. Dalam Rotating Biological Contractor (RBC) Terhadap Kandungan BOD dan COD Air Limbah Kilang Paraxylene. *Sintaks* Vo.XI No.1.
- Kustyawati dkk, 2013. Efek Fermentasi Dengan *Saccharomyces crevisiae* Terhadap Karakteristik Biokimia Tapioka. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- Lestari, Puji. 2018. Perbedaan Angka Kuman Udara Sebelum dan Sesudah Penyinaran Lampu Ultraviolet 90 watt di Laboratorium Bakteriologi Jurusan Analis Kesehatan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta. Program Sarjana Terapan Jurusan analis kesehatan: Yogyakarta.

- Levenspiel, O., 1999, "Chemical Reaction Engineering", 3rd edition. John Wiley and Sons : New York
- Lily Oktavia, 2012. Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula Menggunakan Kolam Aerasi Dengan Penambahan INOLA 121. Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember; Kompleks Kampus ITS Sukilo, Surabaya.
- Maharani, Khafina. 2021. Identifikasi Bakteri Indigenous untuk Meningkatkan Degradasi COD pada Pengolahan Limbah Tenun Menggunakan Sistem Floating Treatment Wetland (FTW). Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
- Marta, Maghfirotni Banin, dkk. 2021. Pengolahan Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan Kaca Piring (*Sillago sihama*) Menggunakan Kombinasi Bakteri *Acinobacter baumannii*, *Bacillus*, *Nitrococcus sp.* dan *Pseudomonas* Secara Aerob. *Journal of Tropical Agrifood*. Vol.3 No.1.
- Maya, Paramita P. 2012. Biodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni Institut Teknologi Surabaya* Vol.1.
- Megasari, Ritni, *et.al.* 2012. Identifikasi Keragaman Jenis Bakteri Pada Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman Dengan Lumpur Aktiv Limbah Tahu. *Journal Enviro Scientiae*. Universitas Lambung Mangkurat.
- Meriatna, Suryati, Aulia Fahri. 2018. Pengaruh Waktu Fermentasi dan Volume Bio Aktivator EM4 (Effective Microorganism) pada Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Buah-Buahan. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 7:1 (Mei 2018) 13-29
- Nainggolan, Irma Juniar. 2007. Degradasi Minyak Bumi Menggunakan Isolat Bakteri dan Akar *Avicenna sp.* Tugas Akhir. Universitas Trisakti Jakarta.
- Nana Dyah Siswati, H. T. 2009. Kajian Penambahan Effective Microorganisms (EM4) pada Proses Dekomposisi Limbah Padat Industri Kertas
- Pardamean, Mikhaell Alfanov. 2021. *Identification and Physiological Characteristic of Potensial Indigenous Bacteria as Bioremediation Agent in The Wastewater of Sugar Factory*. *Journal Sain Malaysiana*.
- Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja. (2017). Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT).
- Perala, Iwan, dkk. 2022. Bioremediasi Air Asam Tambang Batubara dengan Pengayaan Bakteri Pereduksi Sulfat dan Penambahan Substrat Organik. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. Vol 18. N0.2
- Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 5 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Gula. 2014. Makassar: Pemerintah Sulawesi Selatan.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Gula. 2014. Indonesia: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 5 Tahun 2021 Tentang Tata Cara Penerbitan Persetujuan Teknis dan Surat Kelayakan Operasional Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan 2021. Indonesia: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia
- Ponnuswamy, V., M. Kalaiyarasi., & Samuel, G. P. V. (2015). Cow Dung is an Ideal Fermentation Medium for Amylase Production in Solid-state

- Fermentation by *Bacillus cereus*. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 13, 111– 117.
- Pratiwi, Niken T.M., dkk. 2019. Pengelolaan Kandungan Bahan Organik pada Air Limbah Cair Laboratorium Proling-MS-IPB dengan Berbagai Kombinasi Agen Bioremediasi. *Jurnal Biologi Indonesia* Vol. 15 No. 1 Hal: 89-95.
- Prianto, F.A. 2016. Rekayasa Pengolahan Air Asam Tambang Secara Pasif Menggunakan Biomassa Serbuk Gergaji, Kotoran Ayam, dan Bakteri Pereduksi Sulfat. *Institusi Pertanian Bogor*.
- Rabbani, Rayhan, dkk. 2022. Potensi Bioremediasi dengan Pemanfaatan Bakteri Indigenous dalam Menurunkan Nilai BOD-COD Air Limbah TPST Piyungan. *Jurnal Teknologi* Vol. 1 No. 1.
- Rahayu, Retno. 2022. Kajian Bioaugmentasi untuk menurunkan konsentrasi logam berat di wilayah perairan menggunakan bakteri. Tugas Akhir. Departemen Teknik Lingkungan Universitas Teknologi Sepuluh November: Surabaya.
- Rao, N.B., dan Subba. 1994. *Mikroorganisme Tanah Dan Pertumbuhan Tanaman*. Terjemahan oleh HerawatiSusilo UI- Pres, Jakarta.
- Ratnasari, Shonia Dwi. 2020. Perubahan Parameter Fisika pada Proses Biodegradasi Limbah Tenun oleh Bakteri Indigenous. Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta.
- Ratnawati, Rhenny, dkk. 2020. Pengaruh Konsentrasi Kalium, Karbon, dan Aerasi pada Bioremediasi Air Limbah Boezem dengan High-Rate Alga Pond. *Jurnal Teknik Lingkunga* Vol 41 No.2
- Reynold, T.D. 1982. *Unit Operation and Process in Environmental Engineering*. Brook/Cole Engineering Division Menteney. California.
- Rhofita et.al. 2019. Efektifitas Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Gula di Kabupaten Kediri Dan Kabupaten Sidoarjo. *Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel: Surabaya*.
- Rusdiana, Eva, et.al. 2020. Analisa Faktor-Faktor Penjernihan Limbah Cair Unit Pengolahan Limbah Cair Industri Gula (Studi Kasus PG XYZ). *Jurnal Penelitian*.
- Sahu, Omprakash. 2019. *Electro-Oxidation and Chemical Oxidation Treatment of Sugar Industry Wastewater with Ferrous Material: An Investigation of Physicochemical Characteristic of Sludge*. *Journal of Chemical Engineering*. Vol. 30 Page 30
- Sahu, Omprakash., & poddar, Pradeep Kumar. 2015. *Quality and management of wastewater in sugar industry*. Article Published at Springerlink.com
- Sari, dkk. 2022. Pengaruh Penambahan Effective Microorganisms (EM-4) Terhadap Kualitas Limbah Cair Tahu dengan Teknik Aerasi. Program Studi Teknik Lingkungan. Universitas Satya Negara Indonesia.
- Sila, Nurlia. 2021. Identifikasi Bakteri Pengurai Bahan Pencemar Organik Pada Air Limbah Domestik Pulau Kodingareng Lompo. Skripsi: Universitas Hasanuddin Makassar.
- Sisnayati, dkk. 2021. Penurunan BOD,TSS,Minyak dan Lemak pada Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Proses Aerasi Plat Berlubang. *Jurnal Teknik Kimia* Vol.27 No.2.
- Spellman, F.R. 2003. "Handbook of Water and Wastewater Treatment Plants Operations". A CRC Press Company, New York

- Subba Rao. 1982. *Biofertilizer in Agriculture*. Oxford and IBH Publishing Co. New Delhi, Bombay. Calcuta
- Sumangando, Adolfina, dkk. 2022. Analisis Kebutuhan Oksigen Biologi, Oksigen Terlarut, Total Suspensi Solit, dan Derajat Keasaman pada Air Limbah Rumah Sakit Pancaran Kasih Manado. *Majalah Info Sains Fakultas MIPA Universitas Kristen Indonesia*.
- Sugiharto. (2005). *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta, UI Press.
- Sunarti, dkk. 2014. Stabilitas Sludge Dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Menggunakan Starter Bakteri Indegenous Pada Aerobic Sludge Digester. Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Kampus IPB.
- Susanto, Agus. 2014. *Bioremediasi Limbah Cair Nanas*. Buku. Diterbitkan oleh UMM Press. Lampung
- Susilo, et.al. 2016. Pengaruh Variasi Waktu Tinggal Terhadap Kadar BOD dan COD Limbah Tapioka dengan Metode Rotating Biological Contactor . *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*.
- Syaifi, Yuda Satria. 2017. Sumber, Teknologi Pengolahan, dan Daur Ulang dari Air Limbah pada Pabrik Gula. *Jurnal Teknologi*.
- Talaro K. P., Chess, B. (2012) . *Foundation in Microbiology*. New York: McHraw-Hill.
- Tasbieh, Hayatrie, dkk.2015. Pengaruh Waktu Detensi Terhadap Efisiensi Penyisihan COD Limbah Cair Pulp dan Kertas dengan Reaktor Kontak Stabilisasi. *Teknik Lingkungan*. Pekanbaru.
- Thimann, K.V. 1955. *The Life Of Bacteria*. New York: The Macmillan Company, p 46- 689.
- Titiresmi, 2010. Penurunan Kadar COD Air Limbah Industri Permen Dengan Menggunakan Reaktor Lumpur Aktif. *Peneliti Balai Teknologi Lingkungan, BPPT. Gedung 412 Kawasan Puspiptek Serpong Tangerang*.
- Tugiyono, 2009. *Biomonitoring Pengolahan Air Limbah Pabrik Gula PT Gunung Madu Plantation Lampung dengan Analisis Biomarker: Indeks Fisiologi dan Perubahan Histologi Hati Ikan Nila (Oreochromis nilotikus Linn)*. *Jurnal Sains MIPA*. Vol. 15(1) April 2009: 42-50.
- Ulinnuha, Ihya Putty. 2016. Analisis Pengendalian Kualitas Air Limbah Industri di Pabrik Gula Tjoekir Kabupaten Jombang. *Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh November*.
- Vindiarti, Leonela. 2015. *Proses Adsorpsi Limbah Cair Laboratorium Dengan Menggunakan Karbon Aktif Tongkol Jagung*. Skripsi Jurusan Teknik Kimia. Politeknik Negeri Surabaya.
- Wardhani, Novita Kusuma, dkk. 2015. Penurunan Konsentrasi BOD dan TSS pada Limbah Cair Tahu dengan Teknologi Kolam (Pond) – Biofilm Menggunakan Media Biofilter Jaring Ikan dan Bioball. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Wasima, ST Alifah Nur. 2021. *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Tanaman Azolla Microphylla dan Karbon Aktif pada Constructed Wetland*. Tugas Akhir. Universitas Hasanuddin

- Wignayanto,dkk. 2009. Bioremediasi Limbah Cair Sentra Industri Tempe Sanan Serta Perencanaan Unit Pengolahannya. Jurusan Teknologi Industri Pertanian. Universitas Brawijaya.
- Wijayaningrat, Ahmad Traju Pangentas. 2018. Evaluasi Kinerja IPAL Komunal di Kecamatan Banguntapan dan Bantul, Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta di Tinjau dari Parameter Fisik Kimia. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
- Widjaja, Tri & Lindu Sunarko. 2018. Pengaruh Perbandingan Nutrisi Terhadap Pengolahan Minyak Secara Biologis dengan Bakteri Mixed Culture. Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS.

# LAMPIRAN

## Lampiran 1. Baku Mutu Air Limbah Industri Gula

LAMPIRAN XXII  
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP  
REPUBLIK INDONESIA  
NOMOR 5 TAHUN 2014  
TENTANG  
BAKU MUTU AIR LIMBAH

### BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN INDUSTRI GULA

Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Gula Dengan Kapasitas Antara 2.500  
Sampai Dengan 10.000 Ton Tebu yang Diolah Per Hari

Parameter	Kadar paling tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (g/ton)			
		Air Limbah Proses	air limbah kondensor	air limbah abu ketel	air limbah gabungan
BOD <sub>5</sub>	60	30	300	30	360
COD	100	50	500	50	600
TSS	50	25	250	25	300
Minyak dan Lemak	5	2,5	25	2,5	30
pH	6,0 – 9,0				
kuantitas limbah paling tinggi	Air Limbah Proses : 0,5 m <sup>3</sup> per ton tebu yang diolah Air Limbah Kondensor : 5 m <sup>3</sup> per ton tebu yang diolah Air Limbah Abu Ketel : 0,5 m <sup>3</sup> per ton tebu yang diolah Air Limbah gabungan : 6 m <sup>3</sup> per ton tebu yang diolah				

ton tebu yang diolah per hari = *Ton Cane per Day* (TCD)

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP  
REPUBLIK INDONESIA,

ttd

BALTHASAR KAMBUAYA

Salinan sesuai dengan aslinya  
Kepala Biro Hukum dan Humas

Rosa Vivien Ratnawati



## Lampiran 2. Metode Pengujian Sampel

### *A. Parameter Power of Hydrogen (pH)*

Metode pengujian sampel pada parameter pH dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.11-2004 Tentang Air dan air limbah – Bagian 11: Cara uji derajat keasamaan (pH) dengan menggunakan alat pH meter. Metode pengukuran pH dilakukan berdasarkan pengukuran aktivitas ion hidrogen secara potensiometri atau elektrometri dengan menggunakan pH meter. Adapun pengujian dilakukan sebagai berikut:

1. Alat
  - pH meter;
  - Gelas piala 250 mL; dan
  - Kertas tisu;
2. Bahan
  - Larutan contoh uji;
  - Air bebas mineral (aquades); dan
  - Larutan penyangga (buffer).
3. Prosedur Pengujian
  - a. Kalibrasi pH meter
    - 1) Bilas elektrode dengan aquades terlebih dahulu dan
    - 2) Lakukan kalibrasi alat pH meter dengan larutan penyangga sesuai instruksi kerja alat.
  - b. Pengukuran Contoh Uji
    - 1) Keringkan elektrode dengan kertas tisu;
    - 2) Bilas elektrode dengan aquades;
    - 3) Bilas elektrode dengan contoh uji;
    - 4) Celupkan elektrode ke dalam contoh uji sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap selama 1 menit; dan
    - 5) Catat hasil pembacaan pada tampilan dari pH meter

### B. Parameter *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Pengujian menggunakan parameter BOD mengacu pada SNI 6989.72-2009 Bagian 72 Tentang Cara uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand*). Dengan langkah analisa pengujian sebagai berikut:

- 1) Memindahkan sampel air ke dalam tabung erlenmeyer untuk dilakukan aerasi agar sampel jenuh oksigen.
- 2) Memindahkan sampel air yang jenuh oksigen ke dalam botol winkler sampai meluap Gangan sampai terjadi gelembung udara), tutup kembali. Untuk penentuan DOs dilakukan penyimpanan selama 5 hari terlebih dahulu. Sedangkan DO, langsung dilakukan metode titrasi.
- 3) Menambahkan 1 mL larutan MnSO<sub>4</sub> dan 1 mL. NaOH-KI. Penambahan reagen- reagen in juga dengan memasukkan pipet di bawah permukaan botol Menutup dengan hati-hati dan mengaduk dengan membolak-balik \*20 kali. Membiarkan beberapa saat hingga endapan kecokelatan terbentuk sempurna.
- 4) Menambahkan 1 mL. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, pekat dengan hati-hati dan menutup kemudian menghomogenkan dengan cara yang sama hingga semua endapan larut sempurna.
- 5) Mengambil 50 mL. air dari botol winkler dan memindahkannya ke dalam erlenmeyer.
- 6) Menambahkan 5- & tetes indikator amilum hingga terbentuk warna biru.
- 7) Melakukan titrasi dengan Natrium Tiosulfat 0,025 N hingga warna biru tepat menghilang.
- 8) Perhitungan:

$$D_o \text{ (mg/L)} = \frac{V \times N \times 8000 \times F}{50}$$

$$\text{BOD (ppm)} = (D_{O_0} - D_{O_5}) \times fp$$

Keterangan:

V = volume laruta Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (mg/L)

N = normalitas Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(N)

$$F = \text{faktor } \left( \frac{V_{\text{winkler}}}{V_{\text{winkler}} - 2} \right)$$

$DO_0$  = *Dissolved Oxygen* pada hari ke 0 (mg/L)

$DO_5$  = *Dissolved Oxygen* pada hari ke (mg/L)

$F_p$  = faktor pengenceran

### C. Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Metode pengujian sampel pada parameter COD berdasarkan SNI 06-6989.15-2005 Tentang Air dan air limbah – Bagian 15: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) refluks terbuka dengan refluks terbuka secara titrimetri. Metode pengukuran ini menggunakan refluks yang berisikan zat organik yang dioksidasi dengan campuran mendidih asam sulfat dan kalium dikromat yang diketahui normalitasnya dalam suatu refluk selama 2 jam. Kelebihan kalium dikromat yang tidak tereduksi, dititrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat (FAS). Adapun pengujian dilakukan sebagai berikut:

#### 1. Alat

- Pendingin Liebig 30 cm;
- Hot plate;
- Statif dan Klem;
- Buret 25 mL;
- Pipet volumetrik 5 mL; 10 mL; dan 15 mL;
- Pipet tetes;
- Erlenmeyer 250 mL; dan
- Timbangan analitik.

#### 2. Bahan

- Larutan contoh uji;
- Air bebas mineral (aquades)
- Larutan Kalium dikromat,  $K_2Cr_2O_7$  0,25 N;
- Larutan Asam sulfat – perak sulfat;
- Larutan indikator Ferroin;
- Larutan Ferro Ammonium Sulfat, FAS 0,1 N;
- Serbuk Merkuri sulfat,  $HgSO_4$ ; dan

- Batu didih.
3. Prosedur Pengujian
    - a. Pipet 10 mL contoh uji, masukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL; 102
    - b. Tambahkan 0,2 g serbuk HgSO<sub>4</sub> dan beberapa batu didih;
    - c. Tambahkan 5 mL larutan kalium dikromat, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,25 N;
    - d. Tambahkan 15 mL pereaksi asam sulfat – perak sulfat perlahan-lahan sambil didinginkan dalam air pendingin;
    - e. Hubungkan dengan pendingin Liebig dan didihkan di atas hot plate selama 2 jam;
    - f. Dinginkan dan cuci bagian dalam dari pendingin dengan air suling hingga volume contoh uji menjadi lebih kurang 70 mL;
    - g. Dinginkan sampai temperatur kamar, tambahkan indikator ferroin 2, titrasi dengan larutan FAS 0,1 N sampai warna merah kecokelatan, catat volume larutan FAS; dan
    - h. Lakukan langkah a sampai dengan g terhadap aquades sebagai blanko. Catat volume larutan FAS.
  4. Perhitungan:

$$COD (mg/L) = \frac{(A - B) \times 8000 \times N}{V}$$

Keterangan

- A = Volume larutan FAS untuk blanko (ml)  
 B = Volume larutan FAS untuk larutan uji  
 (ml) N = Normalitas FAS (N)  
 V = Volume larutan contoh uji (ml)

#### **D. Parameter *Total Suspended Solid* (TSS)**

Metode pengujian sampel pada parameter TSS berdasarkan SNI 6989.3:2019 Tentang Air dan air limbah – Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (total suspended solids/TSS) secara gravimetri. Pengujian dilakukan dengan contoh uji yang telah homogen disaring dengan media penyaring yang telah ditimbang. Residu yang tertahan pada media penyaring dikeringkan pada kisaran suhu 103 °C - 105 °C hingga mencapai berat tetap. Kenaikan berat saringan mewakili total padatan tersuspensi. Adapun pengujian dilakukan sebagai berikut:

### 1. Alat

- Desikator;
- Oven;
- Timbangan analitik;
- Pipet volumetrik 10 ml;
- Cawan;
- Alat penyaring;
- Sistem vakum; dan
- Pinset.

### 2. Bahan

- Larutan contoh uji;
- Kertas saring glass microfiber dengan pori 1,2  $\mu\text{m}$  (Whatman GF/C <sup>TM</sup>); dan
- Air bebas mineral (aquades).

### 3. Prosedur Pengujian

#### a. Persiapan kerta saring

- 1) Letakkan kerta saring pada peralatan penyaring;
- 2) Pasang sistem vakum, hidupkan pompa vakum kemudian bilas kerta saring dengan aquades 20 mL.
- 3) Lanjutkan pengisapan hingga tiris, matikan pompa vakum;
- 4) Pindahkan kertas saring ke dalam cawan menggunakan pinset.
- 5) Keringkan cawan yang berisi kertas saring dalam oven selama 2 jam menit;
- 6) Dinginkan cawan dan kertas saring dalam desikator; dan
- 7) Timbang cawan bersama kertas saring sehingga diperoleh berat tetap ( $W_0$ ).

#### b. Pengujian total padatan tersuspensi

- 1) Letakkan kertas saring pada peralatan penyaring;
- 2) Aduk contoh uji hingga diperoleh contoh uji yang homogen;
- 3) Ambil contoh uji 10 mL dan masukkan ke dalam peralatan penyaring. Nyalakan sistem vakum;
- 4) Pindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan

penyaring menggunakan pinset ke cawan.

- 5) Keringkan cawan yang berisi kertas saring dalam oven selama 2 jam;
- 6) Dinginkan cawan dan kertas saring dalam desikator; dan
- 7) Timbang cawan berisi kertas saring sehingga diperoleh berat tetap (W1).

### 3) Perhitungan

$$TSS \left( \frac{mg}{L} \right) = \frac{(W1 - W0) \times 1000}{V}$$

Keterangan:

W = Hasil berat penimbangan (mg)

V = Volume larutan contoh uji (ml)

### ***E. Parameter Minyak dan Lemak***

Pengujian menggunakan parameter minyak dan lemak mengacu pada SNI 6989.10-2010 Tentang Air dan air limbah-Bagian 10: Cara uji minyak dan lemak stars gravimetri. Dengan langkah analisa pengujian sebagai berikut:

1. Prosedur Pengujian
  - a. Timbang berat Erlenmeyer sebagai berat (W<sub>0</sub>);
  - b. Ambil 10 mL. contoh uji ke dalam gelas piala;
  - c. Atur pH dengan menambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1:1 sebanyak 1 mL;
  - d. Pindahkan contoh uji ke corong pisah;
  - e. Bilas gelas piala dengan 30 mL. n-heksana dan tambahkan hasil ke dalam corong pisah;
  - f. Kocok corong pisah dengan kuat selama 2 menit sehingga lapisan air dan n heksana memisan;
  - g. Pisahkan fasa air ke dalam gelas piala;
  - h. Masukkan fasa n-heksana ke dalam Erlenmeyer dengan melewati pada kertas saring yang berisi Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;
  - i. Masukkan kembali fasa air ke dalam corong pisah untuk dickstraksi kembali;
  - j. Lakukan ekstraksi sekali lagi dengan 30 mL. n-heksana;
  - k. Gabungkan ekstrak dalam Erlenmeyer dan lakukan destilasi dengan penangas air pada suhu 70 °C;
  - l. Saat terlihat kondensasi pelarut berhenti, hentikan destilasi.

Dinginkan dan keringkan labu destilasi dalam oven dengan suhu 70 °C ± 2 °C selama 30 45 menit;

- m. Masukkan ke dalam desikator hingga dingin dan timbang Erlenmeyer sehingga didapatkan berat ( $W_i$ );

2. Perhitungan:

$$\text{Kadar Minyak dan Lemak (mg/L)} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V}$$

Keterangan:

V = Volume contoh

uji (ml) W =

Berat

pengukuran

(mg)

### Lampiran 3. Prosedur Inola 121

#### **PROSEDUR START – UP UPLC MENGGUNAKAN INOLA 121**

1. Isi kolam dengan air sampai  $\frac{3}{4}$  bagian.
2. Jalankan aerator dan berikan aerasi kedalam air.
3. Siapkan larutan nutrisi setiap hari sebanyak 37 kg urea dan 7,5 kg SP 36 dalam 200 l air.
4. Masukkan serbuk INOLA – 121 sebanyak 10 kg setiap pagi dan sebarkan disekitar aerator yang telah dialiri limbah, lakukan secara konsisten selama 10 – 14 hari.
5. Masukkan limbah secara bertahap dan atur ph : 7 – 8 dengan larutan kapur.
6. Apabila limbah telah mengalir melampaui 1 kolam aerasi, maka pemberian serbuk INOLA 121 dilakukan dengan distribusi 50 % di aerator kolam pertama dan sisanya dibagikan merata ke kolam aerasi yang lain.
7. Larutan nutrisi yang telah dibuat diberikan terus menerus bersamaan dengan masuknya limbah di kolam aerasi.
8. Apabila setelah 10 hari sudah terlihat adanya pertumbuhan mikroba dan kadar COD efluen sudah di bawah 100 mg/l, maka pemberian serbuk INOLA-121 bisa dikurangi.
9. Apabila kondisi efluen sudah stabil baik sampai ke 14, maka pemberian serbuk INOLA-121 bisa dihentikan dan pemberian nutrisi bisa dikurangi separuhnya.
10. Apabila terjadi gangguan COD efluen naik tambahan 2 g/m<sup>3</sup> serbuk INOLA-121 sampai kondisi normal.

#### **Pedoman Operasional Kolam Aerasi**

1. Hindari masuknya bahan dan produk ke dalam saluran limbah cair dengan house keeping yang baik, sehingga debit dan beban limbah tidak lebih besar dari semestinya.
2. Kendalikan pH limbah pada kolam equalisasi sekitar 7 – 8 jaga pH agar tidak kurang dari 6,5
3. Berikan nutrisi setiap hari dalam bentuk larutan urea dan SP 36 pada dosis sebanyak 2 kg urea dan 0,4 kg SP 36. Pemberian dilakukan secara kontinyu dalam wadah drum melalui pipa diameter 1 inch dilengkapi dengan valve pengatur.
4. Limbah cair dari PG dimasukkan ke bak equalisasi, diatur pH nya dan dipompa melalui pengukur debit ke kolam aerasi. Kendalikan debit masuk ke kolam Aerasi agar tidak lebih dari 17,5 m<sup>3</sup>/jam.
5. Lakukan aerasi secara terus menerus selama 24 jam setiap hari.



6. Limbah cair keluar kolam aerasi dimasukkan ke kolam pengendap dan diendapkan
7. Efluen limbah terolah keluar dari bak pengendap melalui over flow.

## Lampiran 4. Laporan Hasil Pengujian



**LABORATORIUM KUALITAS AIR**  
**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Lantai 3 Gedung Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
 Jln. Poros Malino KM.6, Bonto Marannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan



### LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Berdasarkan pengujian sampel air yang dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin oleh:

Nama : Waode Elsa Verora  
 Lokasi Sampel : Pabrik Gula Camming PT PN Kab. Bone  
 Tanggal Pengambilan Sampel : 14 Desember 2022 – 13 Februari 2022  
 Tanggal Pengujian Sampel : 15 Desember 2022 – 27 Februari 2022

#### 1. *Potential Hydrogen (pH) inola 121*

Hari	Perlakuan	pH			Rata-rata pH	Baku Mutu	Ket
		U1	U2	U3			
1	10%	7,85	8,46	7,73	8,01	6-9	M
	20%	7,47	7,47	7,59	7,51	6-9	M
	30%	7,87	7,65	7,66	7,73	6-9	M
2	10%	7,65	7,90	8,00	7,85	6-9	M
	20%	8,13	8,97	8,12	8,41	6-9	M
	30%	7,83	7,87	7,58	7,76	6-9	M

\*)Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014

\*\*)TM = Tidak Memenuhi, M= Memenuhi

#### 2. *Potential Hydrogen (pH) em4*

Hari	Perlakuan	pH			Rata-rata pH	Baku Mutu	Ket
		U1	U2	U3			
1	10%	7,56	8,20	7,80	7,85	6-9	M
	20%	7,45	8,36	8,20	8,00	6-9	M
	30%	8,00	7,80	7,60	7,80	6-9	M
2	10%	8,34	7,71	8,20	8,08	6-9	M
	20%	7,65	7,81	7,93	7,80	6-9	M
	30%	8,12	7,98	8,23	8,11	6-9	M

\*)Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014

\*\*)TM = Tidak Memenuhi, M= Memenuhi



**LABORATORIUM KUALITAS AIR**  
**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Lantai 3 Gedung Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
 Jln. Poros Malino KM.6, Bonto Marannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan



### 3. Biological Oxygen Demand (BOD<sub>5</sub>) inola 121

Hari	Perlakuan	BOD <sub>5</sub> (mg/l)			Rata-rata BOD (mg/l)	Baku Mutu (mg/l)	Ket
		U1	U2	U3			
1	10%	170,64	178,98	136,00	161,87	60	TM
	20%	120,12	102,08	113,63	111,94	60	TM
	30%	85,22	101,67	83,20	90,03	60	TM
2	10%	105,64	125,74	103,51	111,63	60	TM
	20%	73,07	77,33	85,23	78,55	60	TM
	30%	52,65	54,60	60,88	56,04	60	M

\*)Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014

\*\*)TM = Tidak Memenuhi, M= Memenuhi

### 4. Oxygen Demand (BOD<sub>5</sub>) em4

Hari	Perlakuan	BOD <sub>5</sub> (mg/l)			Rata-rata BOD (mg/l)	Baku Mutu (mg/l)	Ket
		U1	U2	U3			
1	10%	189,95	206,11	185,56	193,87	60	TM
	20%	175,52	178,31	165,16	173,00	60	TM
	30%	151,26	143,43	142,89	145,85	60	TM
2	10%	127,34	103,24	117,40	113,99	60	TM
	20%	84,62	98,12	95,23	92,65	60	TM
	30%	59,25	63,88	55,77	59,63	60	M

\*)Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014

\*\*)TM = Tidak Memenuhi, M= Memenuhi

### 5. Chemical Oxygen Demand (COD) inola 121

Hari	Perlakuan	COD (mg/l)			Rata-rata COD (mg/l)	Baku Mutu (mg/l)	Ket
		U1	U2	U3			
1	10%	2360,23	2148,22	2040,45	2182,97	100	TM
	20%	2116,33	2152,71	2028,11	2099,05	100	TM
	30%	1952,65	1972,11	1856,82	1927,19	100	TM
2	10%	1160,52	1120,54	1160,32	1147,13	100	TM
	20%	1040,38	952,67	940,32	977,79	100	TM
	30%	828,41	840,21	800,26	822,96	100	TM
3	10%	960,61	948,55	1044,62	984,59	100	TM
	20%	724,91	636,52	724,91	726,00	100	TM
	30%	636,52	516,61	556,87	570,00	100	TM
4	10%	628,67	560,33	548,54	579,18	100	TM
	20%	516,12	504,31	496,74	505,72	100	TM



**LABORATORIUM KUALITAS AIR**  
**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Lantai 3 Gedung Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
 Jln. Poros Malino KM.6, Bonto Marannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan



	30%	456,32	468,96	468,55	464,61	100	TM
5	10%	388,31	364,00	372,32	374,88	100	TM
	20%	352,00	304,09	304,44	320,18	100	TM
	30%	264,76	276,12	268,63	269,84	100	TM
6	10%	256,00	208,43	212,76	225,73	100	TM
	20%	112,71	127,91	116,02	118,88	100	TM
	30%	108,22	96,52	92,00	98,91	100	M

\*)Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014

\*\*\*)TM = Tidak Memenuhi, M= Memenuhi

#### 6. Chemical Oxygen Demand (COD) em4

Hari	Perlakuan	COD (mg/l)			Rata-rata COD (mg/l)	Baku Mutu (mg/l)	Ket
		U1	U2	U3			
1	10%	2412,46	2284,36	1379,19	2412,46	100	TM
	20%	2233,76	2050,15	1667,10	2284,36	100	TM
	30%	200,67	1984,54	1952,37	1379,19	100	TM
2	10%	2232,64	2216,11	2252,54	2233,76	100	TM
	20%	2021,41	2020,38	2108,67	2050,15	100	TM
	30%	1716,44	1688,55	1596,31	1667,10	100	TM
3	10%	1944,21	1900,31	2008,12	1950,88	100	TM
	20%	1988,67	1852,33	1888,78	1909,93	100	TM
	30%	1476,11	1444,91	1360,42	1427,15	100	TM
4	10%	1760,00	1584,42	1616,00	1653,47	100	TM
	20%	1620,56	1572,65	1564,11	1585,77	100	TM
	30%	1212,43	1132,12	1124,67	1156,41	100	TM
5	10%	1564,42	1520,65	1488,55	1524,54	100	TM
	20%	1352,87	1220,66	1172,38	1248,64	100	TM
	30%	1012,05	916,00	776,21	901,42	100	TM
6	10%	1208,91	1168,45	1124,48	1167,28	100	TM
	20%	1124,77	960,12	1028,31	1037,73	100	TM
	30%	110,32	864,32	776,37	583,67	100	TM
7	10%	1088,45	1084,18	1000,54	1057,72	100	TM
	20%	860,71	836,68	844,41	847,27	100	TM
	30%	604,63	600,44	644,39	616,49	100	TM
8	10%	998,41	1098,42	977,44	1024,76	100	TM
	20%	1011,55	989,18	0,52	506,04	100	TM
	30%	954,65	1098,67	971,61	1008,31	100	TM
9	10%	1132,83	1211,36	1241,88	1195,36	100	TM
	20%	1001,45	987,32	1162,44	1050,40	100	TM
	30%	973,31	1156,45	1198,31	1109,36	100	TM
10	10%	1231,00	991,21	1211,00	1144,40	100	TM
	20%	1311,54	1125,69	1112,41	1183,21	100	TM
	30%	1324,86	988,11	1338,01	1216,99	100	TM





**LABORATORIUM KUALITAS AIR**  
**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Lantai 3 Gedung Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
 Jln. Poros Malino KM.6, Bonto Marannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan



**7. Total Suspended Solid (TSS) Inola 121**

Hari	Perlakuan	TSS (mg/l)			Rata-rata TSS (mg/l)	Baku Mutu (mg/l)	Ket
		U1	U2	U3			
1	10%	98,42	75,12	91,44	88,33	50	TM
	20%	75,12	82,12	61,23	72,82	50	TM
	30%	63,28	71,32	56,64	63,75	50	TM
2	10%	65,32	58,85	64,31	62,83	50	TM
	20%	48,41	54,55	46,52	49,83	50	M
	30%	48,77	45,66	47,76	47,40	50	M

\*)Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014

\*\*\*)TM = Tidak Memenuhi, M= Memenuhi

**8. Total Suspended Solid (TSS) em4**

Hari	Perlakuan	TSS (mg/l)			Rata-rata TSS (mg/l)	Baku Mutu (mg/l)	Ket
		U1	U2	U3			
1	10%	120,31	116,23	114,00	116,85	50	TM
	20%	108,33	100,00	106,01	104,78	50	TM
	30%	86,00	92,87	94,34	91,07	50	TM
2	10%	82,67	86,53	78,22	82,47	50	TM
	20%	66,12	64,61	62,00	64,24	50	TM
	30%	54,59	58,31	42,67	51,86	50	TM
3	10%	72,01	76,62	60,36	69,66	50	TM
	20%	50,32	52,21	64,33	55,62	50	TM
	30%	44,66	46,45	50,12	47,08	50	M

\*)Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014

\*\*\*)TM = Tidak Memenuhi, M= Memenuhi

Demikian pelaporan hasil pengujian sampel untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Gowa, 1 Juni 2022

Mengetahui,



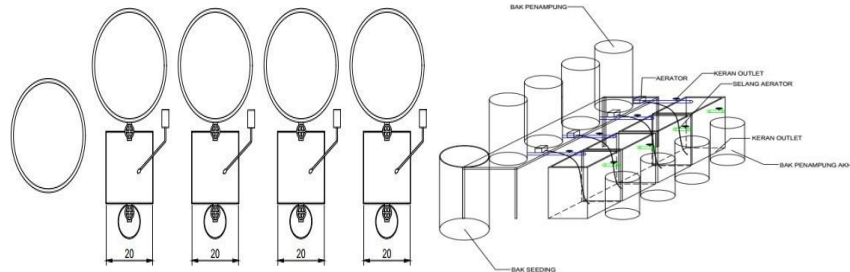
Praktikan Laboratorium Kualitas Air  
 Departemen Teknik Lingkungan

Waode Elsa Verora

NIM D131181330

## Lampiran 5. Dokumentasi

### Perencanaan Desain Reaktor Pengolahan



Perancangan desain reaktor pengolahan pada aplikasi autocad

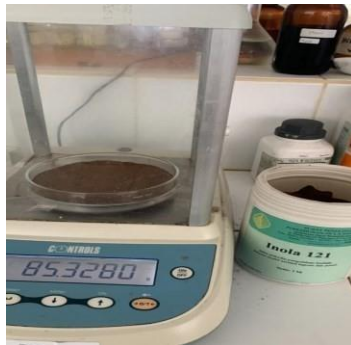
### Persiapan Eksperimen



Persiapan alat dan Bahan



Perakitan reaktor pengolahan

**Pengambilan Sampel Air Limbah****Pelaksanaan Penelitian**

Proses seeding dan aklimatisasi inola 121



Proses seeding dan aklimatisasi em4



### Pengujian Sampel Air Limbah



Pengujian pH



Pengujian BOD



Pengujian COD





Pengujian TSS



Pengujian Minyak dan Lemak