

DAFTAR PUSTAKA

- Alifah,. 2021. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Tanaman *Azolla Microphylla* dan Karbon Aktif pada *Constructed wetlands*.
- Abdulgani, H., Munifatul I., Sudarno. 2013. Pengolahan Limbah Cair Industri Kerupuk dengan Sistem Subsurface Flow Constructed Wetland Menggunakan Tanaman *Typha Angustifolia*.
- Ambarsari, H. dan Qisthi, A., 2017. Remediasi Merkuri (Hg) pada Limbah Cair Tambang Emas Rakyat dengan Metode Lahan Basah Buatan Terpadu. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. Volume 18. No.2 : 148-156.
- Andrio,David, Jecky Asmura¹, Elvi Yenie dan Khalidazia Putri. 2019. Enhancing BOD5/COD ratio co-substrate tofu wastewater and cow dung during ozone pretreatment. *MATEC Web of Conferences*. 276.
- Chaudhary, D. S. et al., 2003. Biofilter in Water and Wastewater Treatment. *Korean J. Chem. Eng*, 20(6), pp. 1054-1065.
- Cooper, P., 2009. "What can we learn from old wetlands? Lessons that have been learned and some that may have been forgotten over the past 20 years". *Desalination*, Issue 246, pp. 11-26.
- Fahrudin. 2010. *Bioteknologi Lingkungan*. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Gisolfi, P. A. & Wilk, R., 2007. *Biofiltration in Storm Water Management*. Terrain-Fall/Summer.
- Gustari, A. (2004). Efisiensi penyisihan Parameter Pencemar Limbah Cair Industri Karet pada *Constructes wetlands* dengan Menggunakan Tumbuhan *Scirpus grossus* L.f (Mensiang). Tugas Akhir Teknik Lingkungan S-1 Universitas Andalas, Padang.

- Hatt, B. E., Fletcher, T. D. & Deletic, A., 2009. Hydrologic and Pollutant Removal Performance of Stormwater Biofiltration Systems at The Field Scale. *Journal of Hydrology*, Volume 365, pp. 310-321.
- Hayati, N. 1992. Kemampuan eceng gondok dalam mengubah sifat fisik kimia limbah cair pabrik pupuk urea dan asam formiat. Bandung: Pasca sarjana biologi Institut Teknologi Bandung.
- Heyne, K. 1987. Tumbuhan Berguna Indonesia Vol.1. Koperasi karyawan Departemen Kehutanan: Jakarta.
- Indah, Shinta, dkk. 2010. Studi Pengolahan Limbah Secara Biologis dengan Menggunakan Tumbuhan Mensiang (*Scirpus grossus* L.f.) Pada Limbah Cair Hotel. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas.
- Karenlampi, S.K., Schat, H., Vangronsveld, J., Verkleij, J. A. C., van der Lelie, D., Mergeay, M. Tervahauta A.I. 2000. Genetic Engineering in the Improvement of Plants for Phytoremediation of Metal Polluted Soils. *Environ. Pollut*, 107, hal 225–231.
- Kasman, M. et.al. 2018. Reduksi Pencemar Limbah Cair Industri Tahu dengan Tumbuhan Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) dalam Sistem Kombinasi Constructed Wetland dan Filtrasi. *Jurnal Litbang Industri*. 8(1): 39-46.
- Kraemer, U., 2005. Phytoremediation: Novel approaches to cleaning polluted soils. *Current Opinion in Biotechnology*, Volume 16, pp. 133-141.
- Kumar, K. V. et al., 2013. Biofiltration and its application in treatment of air and water pollutants - A Review. *International Journal of Application or Innovation in Engineering and Management (IJAIEM)*, 2(9), pp. 226-231.
- Kusumastuti, I., dkk. 2015. Pengaruh Jumlah Tumbuhan *Typha Angustifolia* dan Ukuran Media Pasir yang Berbeda terhadap Penyisihan BOD dan COD dalam Lindi dengan Sub Surface Flow Constructed Wetland. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol 4, No.1.

- Leady, B. 1997. *Constructed Subsurface Flow Wetlands For Wastewater Treatment*, Purdue University.
- Loades, K. W., Bengough, A. G., Bransby, M. F. & Hallet, P. D., 2010. Planting Density Influence on Fibrous Root Reinforcement of Soils. *Ecological Engineering*, Volume 36, pp. 276-284.
- Materac, M., Wyrwicka, A. & Sobiecka, E., 2015. Phytoremediation Techniques in Wastewater Treatment. *Environmental Biotechnology*, 11(1), pp. 10-13.
- Metcalf and Eddy. 1991. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, and Reuse*. Mc Graw Hill Inc. New York.
- Mubin, F., Binilang, A. & Halim, F., 2016. Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 4(3), pp. 211-223.
- Muhajir, Mika. 2013. Penurunan Limbah cair BOD dan COD pada Industri Tahu Menggunakan Tanaman Cattail (*Typha angustifolia*) dengan Sistem Constructed Wetland. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
- Muhsinin, Nindin. 2019. Pengolahan Air Limbah Domestik Secara Fitoremediasi Sistem Constructed wetland dengan Tanaman Pandanus *Amaryllifolius* dan *Azolla Microphilla*. Tesis. Program Pascasarjana Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada.
- National Risk Management Research Laboratory of U.S. EPA, 2000. *Introduction to Phytoremediation*. Cincinnati: Environmental Protection Agency.
- Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010 tentang Baku mutu yang dipersyaratkan dan Kerusakan Lingkungan.
- Priya, Sharma, G. & Brighu, D. U., 2013. Comparison of Different Types of Media for Nutrient Removal Efficiency in Vertical Upflow Constructed Wetlands.

- International Journal of Environmental ENgineering and Management, 4(5), pp. 405-416.
- Priyanto, B.dan J, P., 2008. Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemara, Khusus Logam Berat.
- Prihandrijanti, M. & Firdayati, M., 2011. "Current Situation and Considerations of Domestic Wastewater Treatment Systems for Big Cities in Indonesia (Case Study: Surabaya).
- Prihatini, N. S., Priatmadi, B. J., Masrevaniah, A., dan Soemarno. 2015. Performance of the Horizontal Subsurface-Flow Constructed Wetlands with Different Operational Procedurs. International Journal of Advances in Engineering & Technology. 7(6) :1620–1629.
- Read, J., Wevill, T., Fletcher, T. & Deletic, A., 2008. Variation Among Plant Species in Pollutant Removal from Stormwater in Biofiltration Systems. Water Research, Volume 42, pp. 893-902.
- Rejmankova, E., 2011. The Role of Macrophytes in Wetland Ecosystems. Journal of Ecology and Field Biology, 34(4), pp. 333-345.
- Risnawati, Imas & T. P. Damanhuri. 2010. Penyisihan logam pada lindi menggunakan constructed wetlands. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB Bandung
- Riyanti, A., Siswanto, A. & Taqwa, 2015. Sistem Pengolahan Grey Water di Daerah Rawa Passang Surut : Studi Kasus di Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. Jurnal Penelitian Universitas Jambi Seri Sains, Volume 17 No.1, pp. 11-17.
- Said, N I dan A. Herlambang. 2003. Teknologi Pengolahan Limbah Tahu Tempe Dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.

- Shelef, O., Gross, A. & Rachmilevitch, S., 2013. Role of Plants in a Constructed Wetland: Current and New Perspectives. *Water*, Volume 5, pp. 405-419.
- Sugiarto. 2008. *Dasar-dasar Pengolahan Air Limba*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Supradata. 2005. *Pengolahan Limbah Menggunakan Tanaman Rumput Hias (Cyperus alterifolius L) dengan Sistem Aliran Bawah Permukaan*. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Suprihatin, H., 2014. Penurunan Konsentrasi BOD Limbah Domestik Menggunakan Sistem Wetland dengan Tanaman Hias Bintang Air. *Dinamika Lingkungan Indonesia* , 1 No.2(2356-2226), pp. 80-87.
- Suswati, A.C.S.P dan Gunawan Wibisono. 2013. “ Pengolahan Limbah Domestik Dengan Teknologi Taman Tanaman Air (Constructed Wetlands). *Indonesian Green Technology Journal*, Vol. 2 No.2: 70-77.
- Sutapa D. AI. 1999. *Lumpur Aktif : Alternatif Pengolah Limbah Cair*. Jurnal Studi Pembang.
- Tangahu, B. V. dan Warmadewanthi, I. D. A. A. 2001. *Pengelolaan Limbah Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (Typha angustifolia) dalam Sistem Constructed Wetland*. jurnal Purifikasi, Volume 2 Nomor 3, ITS – Surabaya.
- Tangahu, B. V., Dwi Agustiang Ningsih. 2016. Uji Penurunan Kandungan COD, BOD pada Limbah Cair Pewarnaan Batik Menggunakan Scirpus grossus dan Iris pseudocorus dengan Sistem Pemaparan Intermittent. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* vol 8, No. 2, Juni 2016 Hal. 121-130.
- Trihadiningrum, Y. et al., 2007. *Phytotechnology, a Nature-Based Approach for Sustainable Water Sanitation and onservation*. [Online] Available at: <http://www.wepadb.net/pdf/0810forum/paper07.pdf> [Diakses 3 January 2017].

- United Nations Human Settlements, 2008. *Constructed Wetlands Manual*. Kathmandu, Nepal: UN-Habitat.
- Vymazal, J., 2005. "Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment". *Ecological Engineering*, Issue 25, pp. 478-490. Vymazal, J., 2010. :review: *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. Water, pp. 530-549.
- Webb, J. M. et al., 2013. The Effect of Halophyte Planting Density on The Efficiency of Constructed Wetlands for The Treatment of Wastewater from Marine Aquaculture. *Ecological Engineering*, Volume 61, pp. 145-153.
- Wirosoedarmo, Ruslan, Alexander Tunggul Sutan Haji, Erina Aprilia Hidayati. 2018. Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Kontak pada Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Karbon Aktif Tongkol Jagung untuk Menurunkan BOD dan COD. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 31-38
- Yasril, Awalia Gusti. 2009. Kemampuan Mansiang (*Scirpus grossus*) dalam menurunkan Kadar BOD dan COD Limbah Rumah Makan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* Vol. 2, No. 2, Februari 2009, hal 67-71
- Zidan, A. R. A., El-Gamal, M. M., Rashed, A. A. & Eid, M. A. A. E.- H., 2015. Wastewater Treatmnet in Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetlands Using Different Media (Setup Stage). *Water Science*, Volume 29, pp. 26-35.

LAMPIRAN

DOKUMENTASI

Pembuatan Reaktor



Pengisian Media



Proses Running Reaktor



Kondisi Tumbuhan Setelah Hari Kesepuluh



Pengujian di Laboratorium Kualitas Air, Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

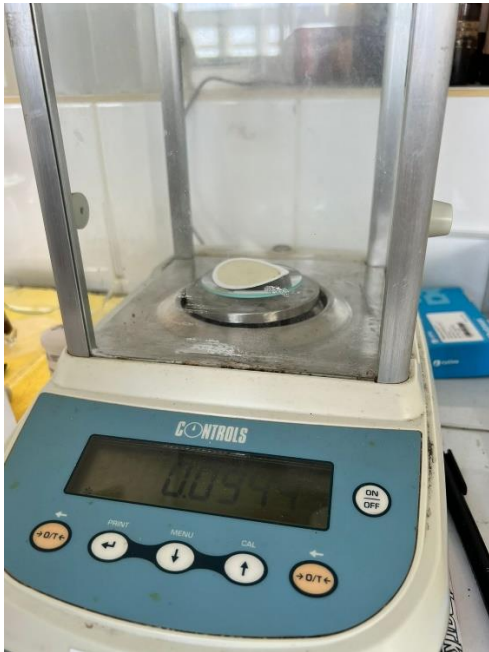
Pengujian BOD



Pengujian COD



Pengujian TSS



Pengujian pH





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



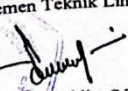
B. Parameter Total Suspended Solid (SNI 6989.3:2019)

Variasi	Konsentrasi (mg/L)		Rata-rata	Baku Mutu (mg/L)*	Ket**
	I	II			
T1K1	25	18	21	35	M
T1K2	39	45	42		TM
T1K3	38	45	41		TM
T2K1	22	19	21		M
T2K2	32	35	34		M
T2K3	34	29	32		M

* Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah.


** M – Memenuhi; TM – Tidak Memenuhi

Mengetahui,
Laboran Laboratorium Kualitas Air
Departemen Teknik Lingkungan



Syarifuddin, S.T.
NIP. : 19600730 198903 1 0003

Praktikan Laboratorium Kualitas Air
Departemen Teknik Lingkungan



Muhammad Raihan
Nim : D121 16 509



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



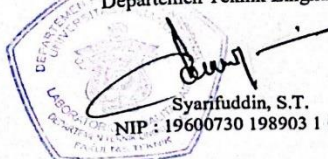
C. Parameter Chemical Oxygen Demand (SNI 06-6989.15-2005)

Variasi	Konsentrasi (mg/L)		Rata-rata	Baku Mutu (mg/L)*	Ket**
	I	II			
T1K1	108	106	107	100	TM
T1K2	116	112	114		
T1K3	128	132	130		
T2K1	92	96	94	M	
T2K2	98	98	98	M	
T2K3	120	122	121	TM	

* Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah.


** M – Memenuhi; TM – Tidak Memenuhi

Mengetahui,
Laboran Laboratorium Kualitas Air
Departemen Teknik Lingkungan



Syarifuddin, S.T.
NIP : 19600730 198903 1 0003

Praktikan Laboratorium Kualitas Air
Departemen Teknik Lingkungan



Muhammad Raihan
Nim : D121 16 509



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



D. Parameter Biological Oxygen Demand (SNI 6989.72: 2009)


Variasi	Konsentrasi (mg/L)		Rata-rata	Baku Mutu (mg/L)*	Ket**
	I	II			
T1K1	43	41	42	40	TM
T1K2	51	51	51		TM
T1K3	57	53	55		TM
T2K1	32	39	36		M
T2K2	39	45	42		TM
T2K3	53	47	50		TM

* Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

** M – Memenuhi; TM – Tidak Memenuhi


Demikian pelaporan hasil pengujian sampel untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui,
Laboran Laboratorium Kualitas Air
Departemen Teknik Lingkungan



Syarifuddin, S.T.
NIP : 19600730 198903 1 0003

Praktikan Laboratorium Kualitas Air
Departemen Teknik Lingkungan



Muhammad Raihan
Nim : D121 16 509



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



Berdasarkan hasil pengujian air yang dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Departemen Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin, dilampirkan hasil pengujian sebagai berikut:

Pengambilan Sampel

Hari/Tanggal : Selasa, 22 - 31 Mei 2022

Pengambilan Sampel

Hari/Tanggal

Pengujian : Selasa, 31 Mei 2022 – Jum'at, 17 Juni 2022

No.	Parameter Uji	Satuan	Metode Uji	Hasil Pengujian	Baku Mutu Air Limbah*	Ket**
Karakteristik Air Limbah Domestik						
1	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	Gravimetri	105	35	Tidak Memenuhi
2	BOD	mg/L	Yodometri	113.5	40	Tidak Memenuhi
3	COD	mg/L	Titrimetri	258	100	Tidak Memenuhi
4	pH	-	pH Meter	7.1	6 Sampai 9	Tidak Memenuhi

*Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah

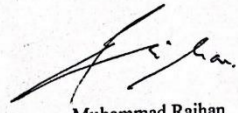
** M – Memenuhi; TM – Tidak Memenuhi.

Mengetahui,
Laboran Laboratorium Kualitas Air
Departemen Teknik Lingkungan



Syarifuddin, S.T.
NIP. 1960073019890310003

Praktikan Laboratorium Kualitas Air
Departemen Teknik Lingkungan



Muhammad Raihan
Nim : D121 16 509



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



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

Nama Praktikan : Muhammad Raihan
Lokasi Sampel : Minasa Upa, Kelurahan Minasa Upa, Kecamatan Rappocini, Kota Makassar, Sulawesi Selatan.
Hari, Tanggal Sampel : Selasa, 31 Mei 2022
Hari, Tanggal Analisis : Selasa, 31 Mei 2022 – 17 Juni 2022
Maka dilampirkan hasil pengujian terhadap sampel air sebagai berikut :

A. Parameter Power of Hydrogen (SNI 06-6989.11-2004)

Variasi	Nilai pH		Rata-Rata	Nilai pH		Rata-rata	Baku Mutu*	Ket**
	I	II		I	II			
T1K1	5.9	5.6	5.8	7.0	7.1	7.0	6 Sampai 9	TM
T1K2	5.9	5.6	5.8	7.4	7.2	7.3		M
T1K3	5.9	5.6	5.8	7.3	7.3	7.3		M
T2K1	5.9	5.6	5.8	7.3	7.3	7.3		TM
T2K2	5.9	5.6	5.8	7.4	7.5	7.4		TM
T2K3	5.9	5.6	5.8	7.4	7.6	7.5		M

* Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah.


** M – Memenuhi; TM – Tidak Memenuhi.

Mengetahui,
Laboran Laboratorium Kualitas Air
Departemen Teknik Lingkungan



Syarifuddin, S.T.
NIP. 19600730 198903 1 0003

Praktikan Laboratorium Kualitas Air
Departemen Teknik Lingkungan



Muhammad Raihan
Nim : D121 16 509

Tabel 29. Kriteria Desain *Constructed Wetland*

Parameter	Satuan	Nilai
Waktu detensi (untuk menyisihkan polutan terlarut)	hari	5-14
Waktu detensi (untuk menyisihkan polutan tersuspensi)	hari	0,5-3
Laju beban BOD ₅ maksimum	kg/ha.hari	80-112
Laju beban hidraulik	m/hari	0,01-0,05
Luas permukaan dibutuhkan	ha/m ³ .hari	0,002-0,014
Rasio panjang : lebar	-	4:1-6:1
Kedalaman air – kondisi rerata	m	0,1-0,5
Rasio kemiringan dasar	-	3:1-10:1

Sumber: Crites (1994); Bendoricchio *et al* (2000)

Q = debit influen rerata, m³/hari
 C_o = konsentrasi BOD influen, mg/l
 C_e = konsentrasi BOD efluen, mg/l
 K_T = konstanta laju pada suhu air, /hari
 y = kedalaman kolam *constructed wetland*, m
 ϵ = porositas media digunakan (biasanya 0,4 untuk kerikil berdiameter 25 mm)

Dalam perhitungan ini, target konsentrasi BOD efluen yang dihasilkan sebesar 30 mg/l agar memenuhi baku mutu air limbah domestik PermenLHK No. 68/2016 untuk parameter BOD.

Maka,

$$A_{cw} = \frac{[10 (\ln(46,5) - \ln(25))]}{0,87 \times 0,3 \times 0,4} = 42,2 \text{ m}^2$$

- Rasio panjang:lebar = 4:1 → $P = 4L$
 $(4L)(L) = 42,2 \text{ m}^2$
 $4L^2 = 42,2 \text{ m}^2$
 $L = 3,3 \approx 3,5 \text{ m}$
 $P = 14 \text{ m}$
 $A_{cw} = 49 \text{ m}^2$

→ Periksa kesesuaian waktu retensi hidraulik (HRT) hasil perhitungan dengan kriteria desain

$$= \frac{\text{luas permukaan kolam} \times \text{kedalaman kolam} \times \text{porositas media}}{\text{debit rerata influen}}$$

$$= \frac{49 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m} \times 40\%}{10 \text{ m}^3/\text{hari}} = 0,59 \text{ hari}$$

OK untuk menyisihkan polutan tersuspensi (0,5-3 hari), tetapi belum bisa menyisihkan polutan terlarut (5-14 hari). Oleh karena itu, dilakukan perhitungan ulang luas permukaan lahan yang dibutuhkan agar proses penyisihan mencakup penyisihan polutan terlarut.

- Luas permukaan dibutuhkan untuk mencakup proses penyisihan polutan terlarut
 $= \frac{\text{HRT} \times \text{debit rerata influen}}{\text{kedalaman kolam} \times \text{porositas media}}$
 $= \frac{5 \text{ hari} \times 10 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,3 \text{ m} \times 40\%} = 416,7 \text{ m}^2$

- Rasio panjang:lebar = 4:1 → $P = 4L$
 $(4L)(L) = 416,7 \text{ m}^2$
 $4L^2 = 416,7 \text{ m}^2$
 $L = 10,2 \approx 10,5 \text{ m}$
 $P = 42 \text{ m}$
 $A_{cw} = 441 \text{ m}^2$

→ Periksa kesesuaian waktu retensi hidraulik (HRT) hasil perhitungan dengan kriteria desain

3. BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI KEGIATAN DOMESTIK (KAWASAN PEMUKIMAN, RESTORAN, PERKANTORAN, PERNIAGAAN DAN APARTEMEN)

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum *		
		A	B	C
pH	-	6 – 9	6 – 9	6 – 9
BOD	mg/L	25	40	75
COD	mg/L	80	100	125
TSS	mg/L	20	35	50
Minyak dan Lemak	mg/L	5	8	10
Total Coliform	Jml/100 mL	2500	5000	5000

Keterangan :

* = kecuali pH

- Kategori A : - Kawasan Permukiman (Real Estate) dengan ukuran > 200 Ha
 - Restoran (Rumah Makan) dengan ukuran > 2300 m²
 - Perkantoran Pertiagaan dan Apartemen dengan ukuran > 50.000 m²
- Kategori B : - Kawasan Permukiman (Real Estate) dengan ukuran 16 – 200 Ha
 - Restoran (Rumah Makan) dengan ukuran 1400 – 2300 m²
 - Perkantoran Pertiagaan & Apartemen dgn ukuran > 10.000 – 50.000 m²
- Kategori C : - Kawasan Permukiman (Real Estate) dengan ukuran < 14 Ha
 - Restoran (Rumah Makan) dengan ukuran < 1400 m²
 - Perkantoran Pertiagaan dan Apartemen dengan ukuran < 10.000 m²

4. BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI KEGIATAN RUMAH POTONG HEWAN

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
BOD	mg/l.	100
COD	mg/l.	200
TSS	mg/l.	100
Minyak dan Lemak.	mg/l.	15
NH ₃ -N	mg/l.	25
Ph	-	6-9
Volume air limbah maksimum untuk sapi, kerbau dan kuda		: 1.5 m ³ /ekor/hari
Volume air limbah maksimum untuk kambing dan domba		: 0.15 m ³ /ekor/hari
Volume air limbah maksimum untuk babi		: 0.65 m ³ /ekor/hari

E. PERHITUNGAN DEBIT AIR LIMBAH MAKSIMUM DAN BEBAN PENCEMARAN MAKSIMUM UNTUK MENENTUKAN MUTU AIR LIMBAH

1. DEBIT AIR LIMBAH MAKSIMUM

Penetapan Baku Mutu Air limbah pada pembuangan air limbah melalui penetapan Debit Air limbah Maksimum, sebagaimana tercantum dalam Lampiran II s/d V untuk masing-masing industri/kegiatan, didasarkan pada tingkat produksi bulanan yang sebenarnya. Untuk digunakan perhitungan sebagai berikut :

**Air dan air limbah – Bagian 15:
Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi
(*chemical oxygen demand/COD*)
dengan refluks terbuka secara titrimetri**

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata.....	ii
1 Ruang lingkup	1
2 Istilah dan definisi	1
3 Keselamatan dan kesehatan dan kerja.....	1
4 Cara uji.....	2
4.1 Prinsip.....	2
4.2 Bahan	2
4.3 Peralatan	3
4.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji	4
4.5 Persiapan pengujian.....	4
4.6 Prosedur.....	5
4.7 Perhitungan	5
5 Pengendalian mutu	6
6 Presisi dan bias	6
7 Rekomendasi	6
Lampiran A	8
Lampiran B	9
Bibliografi.....	10

Prakata

Standar Nasional Indonesia SNI 6989.15:2019 dengan judul *Air dan air limbah – Bagian 15: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (chemical oxygen demand/COD) dengan refluks terbuka secara titrimetri* merupakan revisi dari SNI 06-6989.15:2004.

Revisi dalam Standar ini meliputi perubahan pengertian jaminan mutu dan pengendalian mutu menjadi pengendalian mutu, serta penambahan persyaratan kesehatan dan keselamatan kerja, persiapan pengujian, bias dan presisi, dan contoh perhitungan verifikasi metode.

Standar ini menggunakan *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23th Edition (2017), Methods 5220 B. Open Reflux Methods* sebagai referensi utama, dan telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka verifikasi metode yang digunakan.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 13-03 Kualitas Lingkungan. Standar ini telah dibahas dan disetujui dalam rapat consensus pada tanggal 30 Oktober 2018 di Jakarta, yang dihadiri oleh wakil dari pemangku kepentingan (*stakeholders*) terkait, yaitu perwakilan dari pemerintah, pelaku usaha, konsumen dan pakar.

Standar ini telah melalui tahap jajak pendapat pada tanggal 27 Maret 2019 sampai dengan tanggal 26 Mei 2019 dengan hasil akhir disetujui menjadi SNI.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab untuk pengindentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.

Air dan air limbah – Bagian 15: Cara uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD) dengan refluks terbuka secara titrimetri

1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk pengujian kebutuhan oksigen kimiawi (*chemical oxygen demand*/COD) dalam air dan air limbah menggunakan kalium dikromat sebagai oksidator dengan refluks terbuka dan diukur secara titrimetri pada kisaran nilai COD antara 50 mg/l sampai dengan 900 mg/l.

Metode ini tidak berlaku bagi contoh uji air yang mengandung ion klorida lebih besar dari 2.000 mg/l.

2 Istilah dan definisi

2.1

air bebas organik

air hasil destilasi atau diolah dengan cara tertentu sehingga tidak mengandung senyawa organik

2.2

chemical oxygen demand (COD)

jumlah oksidan ion dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) yang bereaksi dengan contoh uji dan dinyatakan sebagai mg O_2 untuk tiap 1.000 ml contoh uji

2.3

larutan baku

larutan induk yang diencerkan dengan air bebas organik sampai kadar tertentu

2.4

larutan blanko

air bebas organik yang diperlakukan seperti contoh uji

2.5

larutan induk

larutan baku kimia yang dibuat dengan kadar tinggi dan akan digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah

2.6

spike matrix

contoh uji yang diperkaya dengan larutan baku sampai kadar tertentu

3 Keselamatan dan Kesehatan dan kerja

Untuk mengurangi resiko kecelakaan kerja di laboratorium, maka diperlukan:

- Penggunaan alat pelindung diri (APD) disesuaikan dengan ruang lingkup pekerjaan;
- Penanganan bahan kimia secara aman mengacu kepada lembar data keselamatan bahan (*Safety Data Sheet*, SDS).

4 Cara uji

4.1 Prinsip

Senyawa organik dan anorganik dalam contoh uji dioksidasi oleh ion $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ berlebih dalam suasana asam dan panas secara refluks terbuka selama 2 jam menghasilkan ion Cr^{3+} . Sisa kalium dikromat yang tidak bereaksi, dititrasi dengan larutan Ferro Ammonium Sulfat (FAS) menggunakan indikator ferroin. Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekivalen oksigen ($\text{mg O}_2/\text{l}$).

4.2 Bahan

- a) Air bebas organik
- b) Larutan baku kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 0,25 N;
Larutkan 12,259 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang telah dikeringkan pada $150\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam dengan air bebas organik ke dalam labu ukur 1.000 ml dan tepatkan sampai tanda tera, kemudian dihomogenkan. Konsentrasi aktual dari larutan baku kalium dikromat dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$N_K = \frac{W_K}{49,03}$$

Keterangan:

N_K adalah normalitas larutan baku $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (N);

W_K adalah berat $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang ditimbang (g);

49,03 adalah berat ekivalen $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

CATATAN 1 larutan baku kalium dikromat ini dapat menggunakan larutan siap pakai.

CATATAN 2 jika selama penyimpanan larutan baku kalium dikromat terbentuk endapan, maka buat larutan baru.

- c) Larutan pereaksi asam sulfat
Larutkan 10,12 g serbuk atau kristal Ag_2SO_4 ke dalam 1.000 ml H_2SO_4 pekat. Aduk hingga larut.

CATATAN proses pelarutan Ag_2SO_4 dalam asam sulfat dibutuhkan waktu pengadukan selama 1 hari sampai 2 hari, sehingga perlu digunakan *magnetic stirrer*.

- d) Larutan indikator ferroin
Larutkan 1,485 g 1,10-phenanthrolin monohidrat dan 0,695 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dalam air bebas organik dan encerkan sampai 100 ml, kemudian dihomogenkan.

CATATAN larutan indikator ini dapat menggunakan larutan siap pakai.

- e) Larutan ferro ammonium sulfat (FAS) 0,25 N
Timbang 98 g $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, kemudian larutkan ke dalam labu ukur 1.000 ml yang berisi 300 ml air bebas organik, tambahkan 20 ml H_2SO_4 pekat sambil didinginkan dan tepatkan sampai tanda tera, kemudian dihomogenkan.

- f) Larutan baku Kalium Hidrogen Phtalat ($\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$, KHP) setara dengan nilai COD 500 $\text{mg O}_2/\text{l}$.
Gerus perlahan KHP, lalu keringkan sampai berat konstan pada suhu $110\text{ }^\circ\text{C}$. Larutkan 425 mg KHP ke dalam air bebas organik dan tepatkan sampai 1.000 ml, kemudian

dihomogenkan. Nilai COD aktual dari larutan KHP dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$\text{COD}_{\text{KHP}} = 1,17585 \times W$$

Keterangan:

COD_{KHP} adalah kebutuhan oksigen kimiawi KHP (mg O_2/l);

W adalah berat KHP yang ditimbang (mg);

1,17585 adalah faktor konversi.

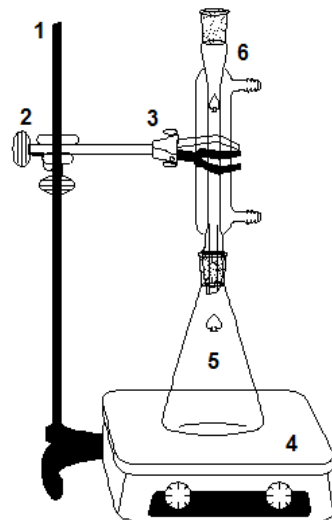
CATATAN 1 larutan ini stabil bila disimpan dalam kondisi dingin pada temperatur $\leq 6^\circ\text{C}$ dan dapat digunakan sampai 1 minggu selama tidak ada pertumbuhan mikroba. Larutan baku KHP dapat digunakan sebagai pengendalian mutu kinerja pengukuran.

CATATAN 2 larutan baku KHP dapat menggunakan larutan siap pakai.

- g) Asam sulfamat ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$);
Digunakan jika ada gangguan nitrit. Tambahkan 10 mg asam sulfamat untuk setiap mg $\text{NO}_2\text{-N}$ yang ada dalam contoh uji.
- h) Serbuk merkuri sulfat (HgSO_4)
- i) Batu didih.

4.3 Peralatan

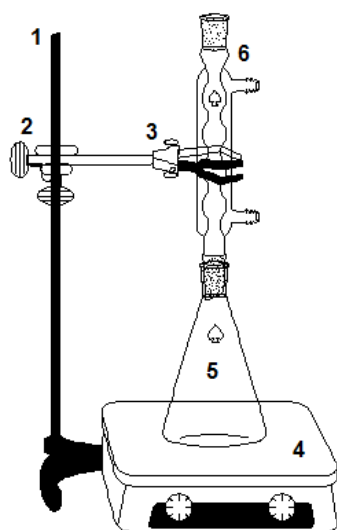
- a) peralatan refluks, yang terdiri dari labu *Erlenmeyer*, pendingin *Liebig* 30 cm atau *Allihn* 30cm;



Keterangan gambar:

- 1 adalah statif
- 2 adalah boss head
- 3 adalah clamp
- 4 adalah hot plate
- 5 adalah Erlenmeyer asah
- 6 adalah kondensor Liebig

Gambar 1 – Contoh peralatan refluks terbuka dengan pendingin Liebig

**Keterangan gambar:**

- 1 adalah statif
- 2 adalah boss head
- 3 adalah clamp
- 4 adalah hot plate
- 5 adalah Erlenmeyer asah
- 6 adalah kondensor Allihn

Gambar 2 – Contoh peralatan refluks terbuka dengan pendingin Allihn

- b) hot plate atau yang setara;
- c) labu ukur 100 ml dan 1.000 ml;
- d) Buret;
- e) pipet volumetrik 5 ml; 10 ml; 15 ml; 25 ml dan 50 ml;
- f) Erlenmeyer 250 ml;
- g) Erlenmeyer asah 250 ml (labu refluks);
- h) magnetic stirrer;
- i) blender;
- j) timbangan analitik dengan keterbacaan 0,1 mg; dan
- k) timbangan teknis dengan keterbacaan 10 mg.

4.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji

4.4.1 Persiapan contoh uji

Homogenkan contoh uji.

CATATAN apabila contoh uji mengandung padatan tersuspensi, homogenkan dengan blender.

4.4.2 Pengawetan contoh uji

- a) Lakukan analisis sesegera mungkin atau dinginkan contoh uji tidak lebih dari 24 jam.
- b) Bila contoh uji tidak dapat segera dianalisis, maka contoh uji diawetkan sesuai petunjuk di bawah ini:

Wadah	:	Botol plastik polietilena (<i>polyethylene</i>) atau botol gelas
Pengawet	:	contoh uji diasamkan dengan H ₂ SO ₄ pekat hingga pH ≤ 2
Lama Penyimpanan	:	28 hari
Kondisi Penyimpanan	:	Suhu ≤ 6 °C

4.5 Persiapan pengujian

Lakukan standarisasi larutan baku FAS dengan larutan baku kalium dikromat setiap melakukan pengujian dengan cara sebagai berikut.

Pipet 25 ml larutan baku $K_2Cr_2O_7$ ke dalam *Erlenmeyer*, tambahkan air bebas organik hingga 100 ml. Tambahkan 30 mL H_2SO_4 pekat sambil didinginkan. Tambahkan 2 tetes sampai 3 tetes indikator ferroin dan titrasi dengan larutan FAS. Hitung normalitas larutan dan laporkan hasil perhitungan sesuai dengan Lampiran A.

Normalitas larutan FAS =

$$N_{FAS} = \frac{V_K \times N_K}{V_{FAS}}$$

Keterangan:

- N_{FAS} adalah normalitas larutan FAS (N);
- V_K adalah volume $K_2Cr_2O_7$ (ml);
- N_K adalah normalitas $K_2Cr_2O_7$ (N);
- V_{FAS} adalah volume larutan FAS (ml).

4.6 Prosedur

- a) pipet 10 ml contoh uji, masukkan ke dalam *Erlenmeyer asah* 250 ml;
- b) tambahkan 0,2 g serbuk $HgSO_4$ dan beberapa batu didih;
- c) tambahkan 5 ml larutan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) 0,25N;
- d) tambahkan 15 ml pereaksi asam sulfat perlahan-lahan sambil didinginkan dalam air pendingin;
- e) hubungkan dengan pendingin *Liebig* atau *Allihn* dan didihkan diatas *hot plate* selama 2 jam;
- f) dinginkan dan cuci bagian dalam dari pendingin dengan air bebas organik hingga volume contoh uji menjadi lebih kurang 70 ml;
- g) dinginkan sampai temperatur kamar, tambahkan indikator ferroin 2 tetes sampai dengan 3 tetes dan titrasi dengan larutan baku FAS 0,25 N sampai terjadi perubahan warna yang jelas dari hijau-biru menjadi coklat-kemerahan, catat volume larutan FAS yang digunakan (V_c , ml);

CATATAN untuk mendapatkan ketelitian yang tinggi maka suhu pemanasan harus seragam dan titrasi dilakukan pada kondisi dingin atau sudah didiamkan minimal 12 jam.

- h) lakukan langkah 4.6 a) sampai dengan 4.6 g) terhadap air bebas organik sebagai blanko. Catat volume larutan FAS yang digunakan (V_b , ml) dan laporkan hasil pengujian sesuai dengan Lampiran A.

4.7 Perhitungan

Nilai COD sebagai mg/l O_2

$$COD \text{ (mg } O_2/l) = \frac{(V_b - V_c) \times N_{FAS} \times 8000}{V_s}$$

Keterangan:

- V_b adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko (ml);
- V_c adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk contoh uji (ml);
- V_s adalah volume contoh uji (ml);
- N_{FAS} adalah normalitas larutan FAS (N);
- 8000 adalah berat mili ekuivalen oksigen x 1000.

5 Pengendalian mutu

- a) Gunakan bahan kimia pro analisis (p.a).
- b) Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- c) Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- d) Gunakan air bebas organik untuk pembuatan blanko dan larutan kerja.
- e) Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- f) Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu simpan maksimum 28 hari.
- g) Lakukan analisis blanko dengan frekuensi 5 % - 10 % per *batch* (satu seri pengukuran) atau minimal 1 kali untuk jumlah contoh uji kurang dari 10 sebagai kontrol kontaminasi.
- h) Lakukan analisis duplo dengan frekuensi 5 % - 10 % per satu seri pengukuran atau minimal 1 kali untuk jumlah contoh uji kurang dari 10 sebagai kontrol ketelitian analisis. Jika Perbedaan Persen Relatif (*Relative Percent Difference, RPD*) lebih besar atau sama dengan 15 %, maka dilakukan pengukuran selanjutnya untuk mendapatkan RPD kurang dari 15 %. Persen RPD dapat dihitung dengan rumus :

$$\% \text{ RPD} = \left| \frac{\text{hasil pengukuran} - \text{duplikat pengukuran}}{(\text{hasil pengukuran} + \text{duplikat pengukuran})/2} \right| \times 100 \%$$

Lakukan kontrol akurasi dengan larutan baku KHP dengan frekuensi 5 % - 10 % per *batch* atau minimal 1 kali untuk 1 *batch*. Kisaran persen temu balik adalah 85 % - 115 %. Persen temu balik (% *recovery*, %R) dapat dihitung dengan rumus :

$$\% \text{ R} = \frac{\text{A}}{\text{B}} \times 100 \%$$

Keterangan:

A adalah hasil pengukuran larutan baku KHP (mg/l);

B adalah kadar larutan baku KHP hasil penimbangan (*target value*) (mg/l).

6 Presisi dan bias

Standar ini telah melalui uji coba dengan memperlakukan internal reference material sebagaimana contoh uji dengan nilai target 500 mg/l diperoleh rerata hasil pengujian 504,80 mg/l dengan tingkat presisi (%RSD) 1,71% dan akurasi (bias metode) 0,96 % (lihat Lampiran B).

7 Rekomendasi

Kontrol akurasi dapat dilakukan dengan salah satu dari berikut ini:

- a) Analisis CRM atau SRM
- b) Analisis contoh *spike* dengan kisaran temu balik (% *recovery*) 85 % sampai dengan 115 %. Buat kartu kendali (*control chart*)

Pembuatan *spike matrix*:

- a) pipet 25 ml contoh uji dan tambahkan 25 ml larutan baku KHP;

b) lakukan langkah 4.6 a) sampai dengan 4.6 g).

$$\% \text{ Recovery} = \frac{(D - E)}{F} \times 100 \%$$

Keterangan:

D adalah kadar contoh uji yang di *spike* (mg/l);

E adalah kadar contoh uji yang tidak di *spike* (mg/l);

F adalah kadar standar yang ditambahkan (*target value*) (mg/l).

dimana,

$$F = \frac{y \times z}{v}$$

Keterangan:

y adalah volume larutan baku yang ditambahkan (ml);

z adalah kadar larutan baku (mg/l);

v adalah volume akhir contoh uji yang di-*spike* (ml).

Lampiran A
(normatif)
Pelaporan

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut:

- 1) Parameter yang dianalisis.
- 2) Tanggal pengambilan contoh uji
- 3) Tanggal penerimaan contoh uji.
- 4) Nomor contoh uji.
- 5) Nama analis.
- 6) Tanggal analisis.
- 7) Rekaman standarisasi larutan baku FAS
- 8) Rekaman hasil pengukuran dan perhitungan.

Lampiran B
(informatif)
Contoh perhitungan verifikasi metode

Hasil verifikasi cara uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand/COD*) dengan refluks terbuka secara titrimetri dengan penentuan *trueness*, bias dan presisi metode pada nilai target 500 mg/l dengan hasil sebagai berikut:

Tabel B.1 – Hasil pengujian COD dengan refluks terbuka secara titrimetri

Pengulangan	Hasil (mg/l)	<i>Trueness</i> (% R)	% Bias Metode
1	493,34	98,67	-1,33
2	505,59	101,12	1,12
3	518,30	103,66	3,66
4	503,01	100,60	0,60
5	495,18	99,04	-0,96
6	502,89	100,58	0,58
7	515,30	103,06	3,06
Rerata	504,80	100,96	0,96
Simpangan baku	8,65	<i>Sumber: Laboratorium Lingkungan Sekolah Ilmu Lingkungan, UI</i>	
% RSD	1,71		
% CV _{Horrats}	0,55		

Tabel B.2. Batas keberterimaan % RSD dan % R untuk penentuan bias dan presisi metode

Parameter	Persyaratan	Hasil	Kesimpulan
Presisi Metode	% RSD \approx 3,79 %	1,71	Memenuhi
Akurasi Metode	% R \approx 90 % - 108 %	100,96	Memenuhi
Bias Metode	-10% - 8%	0,96	Memenuhi

CATATAN Nilai persyaratan yang tertera pada tabel B.2 didapatkan berdasarkan konsentrasi pengujian 500 mg/l

Bibliografi

*Standard Methods, Examination of Water and Wastewater 23th Edition, 2017, Method 5220B.
Open reflux methods*

Informasi pendukung terkait perumusan standar

[1] Komtek Perumusan SNI

Komite Teknis 13-03 Kualitas Lingkungan

[2] Susunan keanggotaan Komtek Perumusan SNI

Ketua : Noer Adi Wardoyo
Wakil Ketua : Giri Darminto
Sekretaris : Diah Wati Agustayani
Anggota : 1. Rina Aprishanty
2. Ardeniswan
3. Henggar Hardiani
4. Muhammad Farid Sidik
5. M.S. Belgientie TRO
6. Noor Rachmaniah
7. Oges Susetio
8. Sri Bimo Andy Putro
9. Sunardi
10. Yuli Purwanto

[3] Konseptor Rancangan SNI

Drs. Sunardi, M.Si (Laboratorium Lingkungan, Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia)

[4] Sekretariat pengelola Komtek Perumusan SNI

Pusat Standardisasi Lingkungan dan Kehutanan
Sekretariat Jenderal Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

Air dan air limbah – Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan pH meter

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata.....	ii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Istilah dan definisi	1
3 Kesehatan dan keselamatan kerja	1
4. Cara Uji.....	1
4.1 Prinsip.....	2
4.2 Bahan	2
4.3 Peralatan	2
4.4 Persiapan pengujian.....	2
4.5 Prosedur	3
5 Pengendalian mutu.....	3
6 Bias dan presisi	3
7 Rekomendasi.....	3
Lampiran A Pelaporan.....	4
Lampiran B Data Verifikasi Metode	5
Bibliografi.....	7
Tabel B.1 – Informasi larutan penyangga (<i>buffer</i>)	5
Tabel B.2 – Kalibrasi internal pH meter dengan larutan penyangga (<i>buffer</i>)	5
Tabel B.3 – Informasi pH dalam CRM.....	6
Tabel B.4 – Hasil pengujian pH dengan CRM.....	6
Tabel B.5 – Batas keberterimaan untuk penentuan bias dan presisi metode	6

Prakata

Standar Nasional Indonesia SNI 6989.11:2019 *Air dan air limbah – Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan pH meter* merupakan revisi dari SNI 06-6989.11:2004.

Revisi dalam Standar ini meliputi penghilangan acuan normatif, dan perubahan pengertian jaminan mutu dan pengendalian mutu menjadi pengendalian mutu, serta penambahan persyaratan kesehatan dan keselamatan kerja, bias dan presisi, rekomendasi, dan contoh perhitungan verifikasi metode.

Standar ini menggunakan *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition (2017) Part 4500-H⁺* sebagai referensi dalam penyusunannya, dan telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka verifikasi metode yang digunakan.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 13-03 Kualitas Lingkungan. Standar ini telah dibahas dan disetujui dalam rapat konsensus pada tanggal 2 Agustus 2018 di Jakarta, yang dihadiri oleh wakil dari pemangku kepentingan (*stakeholders*) terkait, yaitu perwakilan dari pemerintah, pelaku usaha, konsumen dan pakar.

Standar ini telah melalui tahap jajak pendapat pada tanggal 27 Maret 2019 sampai dengan tanggal 26 Mei 2019 dengan hasil akhir disetujui menjadi SNI.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.

Air dan air limbah – Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan pH meter

1 Ruang lingkup

Metode ini meliputi cara uji derajat keasaman (pH) air dan air limbah dengan menggunakan pH meter.

2 Istilah dan definisi

Untuk keperluan penggunaan Standar ini, berlaku istilah dan definisi berikut.

2.1

air bebas mineral

air yang diperoleh dengan cara penyulingan ataupun proses demineralisasi sehingga diperoleh air dengan konduktivitas lebih kecil dari 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$

2.2

material acuan bersertifikat (*Certified Reference Material, CRM*)

material acuan disertai dengan dokumentasi yang dikeluarkan oleh badan otoritas dan menyediakan satu atau lebih nilai sifat tertentu dengan ketidakpastian terkait dan tertelusur, yang menggunakan prosedur yang berlaku

CONTOH Serum manusia dengan nilai besaran tertentu untuk konsentrasi kolesterol dan ketidakpastian pengukuran terkait yang dinyatakan dalam sertifikat yang dilampirkan, digunakan sebagai kalibrator atau material pengendali kebenaran pengukuran.

CATATAN 1 Dokumentasi disampaikan dalam bentuk 'sertifikat' (lihat ISO Guide 3:2000)

CATATAN 2 Prosedur untuk produksi dan sertifikasi material acuan bersertifikat diberikan misalnya pada ISO Guide 3 dan ISO Guide 35.

CATATAN 3 Dalam definisi ini 'ketidakpastian' mencakup baik

[SNI ISO Guide 99:2016]

2.3

larutan penyangga (*buffer*) pH

larutan yang dibuat dengan melarutkan garam dari asam lemah-basa kuat atau basa lemah-asam kuat sehingga menghasilkan nilai pH tertentu dan stabil

2.4

pH larutan

minus logaritma konsentrasi ion hidrogen yang ditetapkan dengan metode pengukuran secara potensiometri dengan menggunakan pH meter

3 Kesehatan dan keselamatan kerja

Cara uji yang ditetapkan ini menggunakan bahan kimia yang berbahaya. Untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja di laboratorium, maka diperlukan:

Informasi pendukung terkait perumus standar

[1] Komtek Perumusan SNI

Komite Teknis 13-03 *Kualitas Lingkungan*

[2] Susunan keanggotaan Komtek Perumusan SNI

Ketua : Noer Adi Wardoyo
Wakil Ketua : Giri Darminto
Sekretaris : Diah Wati Agustayani
Anggota : 1. Ardeniswan
2. Henggar Hardiani
3. Muhamad Farid Sidik
4. M.S. Belgientie TRO
5. Noor Rachmaniah
6. Oges Susetio
7. Rina Aprishanty
8. Sri Bimo Andy
9. Sunardi
10. Yuli Purwanto

[3] Konseptor rancangan SNI

Ir. Henggar Hardiani, M.Si (Balai Besar Pulp dan Kertas, Kementerian Perindustrian)

[4] Sekretariat pengelola Komtek perumus SNI

Pusat Standardisasi Lingkungan dan Kehutanan
Sekretariat Jenderal Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

**Air dan air limbah – Bagian 3:
Cara uji padatan tersuspensi total
(*total suspended solids/TSS*)
secara gravimetri**

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata.....	ii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Istilah dan definisi	1
3 Kesehatan dan keselamatan kerja	1
4 Cara uji	1
5 Pengendalian mutu.....	3
6 Bias dan presisi	4
7 Rekomendasi.....	4
Lampiran A Pelaporan	5
Lampiran B Perlakuan contoh uji mengandung minyak atau cairan organik lainnya	6
Lampiran C Contoh perhitungan verifikasi metode.....	7
Bibliografi.....	8
Tabel C.1 – Informasi padatan tersuspensi total dalam CRM	7
Tabel C.2 – Hasil pengujian TSS.....	7
Tabel C.3 – Keberterimaan %RSD dan %R untuk penentuan bias dan presisi metode	7

Prakata

Standar Nasional Indonesia SNI 6989.3:2019 *Air dan air limbah – Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (total suspended solids/TSS) secara gravimetri* merupakan revisi dari SNI 06-6989.3-2004.

Revisi dalam Standar ini meliputi perubahan pengertian jaminan mutu dan pengendalian mutu menjadi pengendalian mutu, serta penambahan persyaratan kesehatan dan keselamatan kerja, bias dan presisi, perlakuan contoh uji mengandung minyak atau cairan organik lainnya, dan contoh perhitungan verifikasi metode.

Standar ini menggunakan *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition (2017) Part 2540D* sebagai referensi utama, dan telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka verifikasi metode yang digunakan.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 13-03 Kualitas Lingkungan. Standar ini telah dibahas dan disetujui dalam rapat konsensus pada tanggal 30 Agustus 2018 di Jakarta, yang dihadiri oleh wakil dari pemangku kepentingan (stakeholders) terkait, yaitu perwakilan dari pemerintah, pelaku usaha, konsumen dan pakar.

Standar ini telah melalui tahap jajak pendapat pada tanggal 27 Maret 2019 sampai dengan tanggal 26 Mei 2019 dengan hasil akhir disetujui menjadi SNI.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.

Air dan air limbah – Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (*total suspended solids, TSS*) secara gravimetri

1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk menentukan residu tersuspensi yang terdapat dalam contoh uji air dan air limbah secara gravimetri. Dalam pengujiannya, penimbangan padatan terlarut total tidak boleh lebih dari 200 mg. Metode ini tidak termasuk penentuan bahan yang mengapung, padatan yang mudah menguap, dan dekomposisi garam mineral.

2 Istilah dan definisi

Untuk keperluan penggunaan Standar ini, berlaku istilah dan definisi sebagai berikut:

2.1

air bebas mineral

air yang diperoleh dengan cara penyulingan ataupun proses demineralisasi sehingga diperoleh air dengan konduktivitas lebih kecil dari 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$

2.2

berat tetap

berat penimbangan dengan perbedaan hasil lebih kecil dari 4 % atau lebih kecil dari 0,5 mg dibandingkan penimbangan sebelumnya

2.3

padatan tersuspensi total (*total suspended solids/TSS*)

residu dari padatan total yang tertahan oleh media penyaring

3 Keselamatan dan kesehatan kerja

Cara uji yang ditetapkan ini menggunakan bahan kimia yang berbahaya. Untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja di laboratorium, maka diperlukan:

- a) Penggunaan alat pelindung diri (APD) disesuaikan dengan ruang lingkup pekerjaan
- b) Penanganan bahan kimia secara aman mengacu kepada lembar data keselamatan bahan (*Safety Data Sheet/SDS*)

4 Cara uji

4.1 Prinsip

Contoh uji yang telah homogen disaring dengan media penyaring yang telah ditimbang. Residu yang tertahan pada media penyaring dikeringkan pada kisaran suhu 103 °C sampai dengan 105 °C hingga mencapai berat tetap. Kenaikan berat saringan mewakili Padatan Tersuspensi Total (TSS).

4.2 Bahan

- media penyaring *microglass-fiber filter* dengan ukuran porositas 0,7 μm sampai dengan 1,5 μm ;
- air bebas mineral.

4.3 Peralatan

- desikator yang berisi desikan;
- oven, untuk pengoperasian pada kisaran suhu 103 °C sampai dengan 105 °C;
- timbangan analitik dengan keterbacaan 0,1 mg;
- pipet volumetrik atau gelas ukur;
- media penimbang (misalnya kaca arloji atau cawan petri);
- cawan kaca masir atau cawan *Gooch* atau sistem penyaring vakum;
- pinset; dan
- sistem vakum.

4.4 Pengurangan gangguan

Pisahkan partikel besar yang mengapung.

CATATAN 1 Residu yang berlebihan dalam saringan dapat mengering membentuk kerak dan menjebak air, untuk itu batasi contoh uji agar tidak menghasilkan residu lebih dari 200 mg.

CATATAN 2 Contoh uji yang mengandung padatan terlarut tinggi, bilas dengan air bebas mineral sehingga residu terlarut yang menempel pada kertas saring benar-benar larut.

CATATAN 3 Hindari melakukan penyaringan yang terlalu lama untuk mencegah penyumbatan oleh zat koloidal yang terperangkap pada saringan.

CATATAN 4 Untuk contoh uji yang mengandung minyak atau cairan organik lihat Lampiran B.

4.5 Persiapan media penyaring atau cawan *Gooch*

- Letakkan media penyaring pada peralatan filtrasi. Pasang sistem vakum, hidupkan pompa vakum kemudian bilas media penyaring dengan air bebas mineral 20 ml. Lanjutkan penghisapan hingga tiris, matikan pompa vakum.
- Pindahkan media penyaring dari peralatan filtrasi ke media penimbang. Jika digunakan cawan *Gooch* dapat langsung dikeringkan.
- Keringkan media penimbang atau cawan *Gooch* yang berisi media penyaring dalam oven pada suhu 103 °C sampai dengan 105 °C selama 1 jam.

CATATAN Selama pengerjaan pengeringan, oven tidak boleh dibuka tutup.

- Dinginkan media penimbang atau cawan *Gooch* dalam desikator kemudian timbang.
- Ulangi langkah pada butir c) dan d) sampai diperoleh berat tetap (catat sebagai W_0).

4.6 Prosedur

- Lakukan penyaringan dengan peralatan penyaring. Basahi media penyaring dengan sedikit air bebas mineral.
- Aduk contoh uji hingga diperoleh contoh uji yang homogen, kemudian ambil contoh uji secara kuantitatif dengan volume tertentu dan masukkan ke dalam media penyaring. Nyalakan sistem vakum.

CATATAN 1 jika proses penyaringan membutuhkan waktu lebih dari 10 menit, maka kurangi volume contoh uji.

CATATAN 2 volume contoh uji yang diambil harus menghasilkan berat residu kering antara 2,5 mg sampai 200 mg.

- c) Bilas media penyaring 3 kali dengan masing-masing 10 ml air bebas mineral, lanjutkan penyaringan dengan sistem vakum hingga tiris.

CATATAN contoh uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan.

- d) Pindahkan media penyaring (*glass-fiber filter*) secara hati-hati dari peralatan penyaring ke media penimbang (cawan petri). Jika menggunakan cawan *Gooch*, pindahkan cawan dari rangkaian alatnya.

CATATAN gunakan penjepit (pinset) untuk memindahkan media penyaring dari peralatan penyaring

- e) Keringkan media penimbang atau cawan *Gooch* yang berisi media penyaring dalam oven minimal selama 1 jam pada kisaran suhu 103 °C sampai dengan 105 °C, dinginkan dalam desikator, dan timbang.

CATATAN selama pengerjaan pengeringan, oven tidak boleh dibuka tutup.

- f) Ulangi langkah e) sampai diperoleh berat tetap (catat sebagai W_1).
- g) Hitung TSS sesuai 3.7 dan laporkan hasil pengujian sesuai Lampiran A.

4.7 Perhitungan

Hitung TSS sesuai rumus berikut.

$$\text{TSS (mg/l)} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V}$$

Keterangan:

- W_0 adalah berat media penimbang yang berisi media penyaring awal (mg) ;
 W_1 adalah berat media penimbang yang berisi media penyaring dan residu kering (mg);
 V adalah volume contoh uji, (ml);
 1000 adalah konversi mililiter ke liter.

5 Pengendalian mutu

- a) Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
 b) Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
 c) Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
 d) Lakukan analisis dalam jangka waktu tidak melebihi 7 hari.
 e) Lakukan analisis blanko untuk kontrol kontaminasi.
 f) Lakukan analisis duplo sebagai kontrol ketelitian analisis. Jika Perbedaan Persen Relatif (*Relative Percent Different* atau RPD) $\geq 15\%$ maka dilakukan pengukuran ketiga hingga diperoleh nilai RPD $\leq 15\%$.

Persen RPD:

$$RPD = \frac{(X_1 - X_2)}{(X_1 + X_2)/2} \times 100 \%$$

Keterangan:

X_1 adalah kandungan total padatan tersuspensi total pada penentuan pertama;

X_2 adalah kandungan total padatan tersuspensi total pada penentuan ke dua.

6 Bias dan presisi

Standar ini telah melalui uji coba dengan memperlakukan material acuan bersertifikat (*certified reference material*, CRM) sebagaimana contoh uji dan diperoleh hasil pada CRM dengan nilai sertifikat ($41,1 \pm 2,5$) mg/l rerata hasil pengujian 39,86 mg/l dengan tingkat presisi (%RSD) 1,73 % dan akurasi (bias metode) -3 % (lihat Lampiran C).

7 Rekomendasi

Kontrol akurasi

Buat *control chart* untuk akurasi analisis menggunakan CRM.

Lampiran A (normatif) **Pelaporan**

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut :

- 1) Parameter yang dianalisis.
- 2) Nama analisis.
- 3) Tanggal pengambilan contoh uji.
- 4) Tanggal penerimaan contoh uji.
- 5) Tanggal analisis.
- 6) Nomor contoh uji.
- 7) Perhitungan.
- 8) Hasil pengukuran persen duplo.
- 9) Padatan Tersuspensi Total dalam contoh uji.

Lampiran B (informatif)

Perlakuan contoh uji mengandung minyak atau cairan organik lainnya

B.1 Pemisahan

Contoh uji disaring dengan kertas saring teknis sehingga lapisan minyak atau benda mengapung tertahan di atas kertas saring dan filtratnya merupakan benda uji untuk padatan tersuspensi atau lakukan pemisahan dengan corong pisah.

B.2 Pembersihan dengan etanol dan heksan

Minyak atau cairan organik lain yang tidak bercampur dengan air dapat tertahan pada media penyaring dan hanya menguap sebagian saat dikeringkan pada suhu 105 °C. Jika minyak akan ditentukan/dianalisis terpisah, residu yang telah dibilas dengan air pada media penyaring harus bebas dari minyak. Hal ini dapat dilakukan dengan membilas dengan etanol kemudian dilanjutkan dengan heksan sebelum dikeringkan pada suhu 105 °C. Ketika prosedur ini dilakukan harus dicatat dalam sertifikat/laporan hasil pengujian karena material selain minyak dapat ikut terekstraksi.

Lampiran C
(informatif)
Contoh perhitungan verifikasi metode

Hasil verifikasi cara uji TSS secara gravimetri dengan penentuan *trueness*, bias dan presisi metode adalah sebagai berikut :

Tabel C.1 – Informasi padatan tersuspensi total dalam CRM

Informasi <i>Certificate of Analysis Solids</i>	
<i>Cat. No.</i>	4032
<i>Lot No.</i>	P235-4032
<i>Traceable to</i>	NIST SRM No. 999b
<i>Assigned value</i>	39,1 mg/l
<i>Certified value</i>	(41,1 ± 2,5) mg/l
<i>Uncertainty</i>	6,08 %

Berdasarkan informasi pada Tabel C.1, CRM dianalisis sebagaimana contoh uji (pengujian dilakukan menggunakan media penyaring dengan ukuran porositas 1 µm dan diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel C.2 – Hasil pengujian TSS

Pengulangan	Hasil (mg/l)	Trueness (%R)	% Bias Metode
1	39	94,9	-5,1
2	39	94,9	-5,1
3	40	97,3	-2,7
4	40	97,3	-2,7
5	40	97,3	-2,7
6	41	99,8	-0,2
7	40	97,3	-2,7
Rerata	39,86	97,0	-3,0
Simpangan baku	0,69	<i>Sumber: PT Sucofindo Cabang Bandung</i>	
%RSD	1,73 %		
%CV _{Horwits}	9,19 %		
0,67 x %CV _{Horwits}	6,13 %		

Tabel C.3 – Keberterimaan %RSD dan %R untuk penentuan bias dan presisi metode

Parameter	Persyaratan	Hasil	Kesimpulan
Presisi Metode	%RSD ≈ 6,13	1,73 %	Memenuhi
Akurasi Metode	%R ≈ 80 % - 115 %	97,0 %	Memenuhi
Bias Metode	%Bias ≈ -20 % - 15 %	-3,0 %	Memenuhi

Bibliografi

- [1] AOAC *Guidelines for single Laboratory Validation of Chemical Methods for Dietary Supplements and Botanicals*
- [2] Laura Bridgewater et al. "*Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*". 23rd Edition. 2017. Washington DC: APHA, AWWA, and WEF. *Part 2540 D, Total Suspended Solids Dried at 103°C -105°C*.
- [3] ISO 11923:1997, *Water quality – Determination of suspended solids by filtration through glass-fibre filters*

Informasi pendukung terkait perumus standar

[1] Komtek Perumusan SNI

Komite Teknis 13-03 *Kualitas Lingkungan*

[2] Susunan keanggotaan Komtek Perumusan SNI

Ketua : Noer Adi Wardoyo
Wakil Ketua : Giri Darminto
Sekretaris : Diah Wati Agustayani
Anggota : 1. Ardeniswan
2. Henggar Hardiani
3. Muhamad Farid Sidik
4. M.S. Belgientie TRO
5. Noor Rachmaniah
6. Oges Susetio
7. Rina Aprishanty
8. Sri Bimo Andy
9. Sunardi
10. Yuli Purwanto

[3] Konseptor Rancangan SNI

Drs. Ardeniswan, M.T.(Loka Penelitian Teknologi Bersih – LIPI)

[4] Sekretariat pengelola Komtek Perumusan SNI

Pusat Standardisasi Lingkungan dan Kehutanan
Sekretariat Jenderal Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

**Air dan air limbah – Bagian 72: Cara uji Kebutuhan
Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand/
BOD*)**



Daftar isi

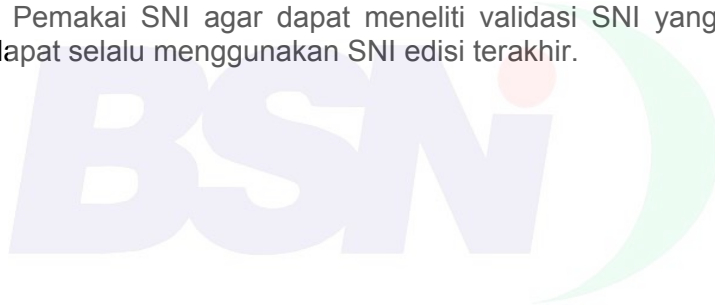
Daftar Isi	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Cara uji	2
5 Pengendalian mutu.....	8
Lampiran A (informatif) Bagan alir persiapan bibit mikroba.....	9
Lampiran B (normatif) Pembuatan medium mineral.....	10
Lampiran C (informatif) Perkiraan nilai BOD ₅ berdasarkan nilai COD serta penentuan volume air pengencer	11
Lampiran D (informatif) Daftar konsentrasi jenuh oksigen pada suhu tertentu.....	12
Lampiran E (informatif) Contoh format pelaporan hasil uji BOD ₅	13
Lampiran F (informatif) Hasil validasi metode BOD.....	15
Lampiran G (informatif) Lembar modifikasi.....	19
Bibliografi.....	20

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) ini merupakan revisi dari SNI 06-2503-1991, *Air, Metode pengujian kadar kebutuhan oksigen biokimiawi*. SNI ini menggunakan referensi dari metode standar internasional yaitu *Standard Methods for the Examination Of Water and Wastewater 21 th Edition*, editor *L.S.Clesceri, A.E.Greenberg, A.D.Eaton, APHA, AWWA and WPCF, Washington DC (2005)*. SNI ini telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka validasi dan verifikasi metode serta dikonsensuskan oleh Subpanitia Teknis 13-03-S1, *Kualitas Air* dari Panitia Teknis 13-03, *Kualitas Lingkungan dan Manajemen Lingkungan* dengan para pihak terkait.

SNI ini telah disepakati dan disetujui dalam rapat konsensus dengan peserta rapat yang mewakili produsen, konsumen, ilmuwan, instansi teknis dan pemerintah terkait pada tanggal 12 Nopember 2007 di Serpong dan telah melalui jajak pendapat pada tanggal 23 Desember 2008 sampai dengan tanggal 23 Februari 2009.

Dengan ditetapkannya SNI 6989.72-2009 ini, maka penerapan SNI 06-2503-1991, dinyatakan tidak berlaku lagi. Pemakai SNI agar dapat meneliti validasi SNI yang terkait dengan metode ini, sehingga dapat selalu menggunakan SNI edisi terakhir.



Air dan air limbah – Bagian 72: Cara uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand/BOD*)

1 Ruang lingkup

Cara uji ini digunakan untuk menentukan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroba aerobik untuk mengoksidasi bahan organik karbon dalam contoh uji air limbah, efluen atau air yang tercemar yang tidak mengandung atau yang telah dihilangkan zat-zat toksik dan zat-zat pengganggu lainnya. Pengujian dilakukan pada suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 5 hari ± 6 jam.

2 Acuan normatif

SNI 6989.57:2008, *Air dan air limbah – Bagian 57: Metoda pengambilan contoh air permukaan.*

SNI 6989.59:2008, *Air dan air limbah – Bagian 59: Metoda pengambilan contoh air limbah.*

SNI 06-6989.14-2004, *Air dan air limbah - Bagian 14: Cara uji oksigen terlarut secara yodometri (modifikasi azida).*

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition, 2005: Membrane electrode method (4500-O G).

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition, 2005: Pour Plate method (9215 B).

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition, 2005: Fixed and Volatile Solids Ignited at 550 °C (2540 E).

3 Istilah dan definisi

3.1

air bebas mineral

air yang diperoleh dengan cara penyulingan ataupun proses demineralisasi sehingga diperoleh air dengan konduktifitas lebih kecil dari $1\text{ }\mu\text{S/cm}$

3.2

air pengencer

larutan jenuh oksigen yang telah diperkaya oleh nutrisi dan suspensi bibit mikroba

3.3

blanko

air pengencer yang diperlakukan seperti contoh uji

3.4

Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand/BOD*)

jumlah miligram oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerobik untuk menguraikan bahan organik karbon dalam 1 L air selama 5 hari pada suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$

3.5

larutan jenuh oksigen

air bebas mineral yang mengandung oksigen jenuh

3.6

Mix Liquor Suspended Solid (MLSS)

jumlah miligram biomassa mikroba campuran yang tersuspensi dalam 1 L medium cair

3.7

oksigen terlarut nol hari

kadar oksigen terlarut sebelum diinkubasi pada suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$

3.8

oksigen terlarut lima hari

kadar oksigen terlarut setelah diinkubasi selama 5 hari pada suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$

3.9

suspensi bibit mikroba

biakan mikroba yang dipelihara dan dipersiapkan untuk uji BOD

4 Cara uji

4.1 Prinsip

Sejumlah contoh uji ditambahkan ke dalam larutan pengencer jenuh oksigen yang telah ditambah larutan nutrisi dan bibit mikroba, kemudian diinkubasi dalam ruang gelap pada suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 5 hari. Nilai BOD dihitung berdasarkan selisih konsentrasi oksigen terlarut 0 (nol) hari dan 5 (lima) hari. Bahan kontrol standar dalam uji BOD ini, digunakan larutan glukosa-asam glutamat.

4.2 Bahan

4.2.1 air bebas mineral

4.2.2 larutan nutrisi

4.2.2.1 Larutan buffer fosfat;

a) Cara 1

Larutkan 8,5 g kalium dihidrogen fosfat (KH_2PO_4); 21,75 g dikalium hidrogen fosfat (K_2HPO_4); 33,4 g dinatrium hidrogen fosfat heptahidrat ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) dan 1,7 g amonium klorida (NH_4Cl) dalam air bebas mineral, kemudian encerkan hingga 1 L. Larutan ini menghasilkan pH 7,2.

b) Cara 2

Larutkan 42,5 g kalium dihidrogen fosfat (KH_2PO_4); 1,7 g amonium klorida (NH_4Cl) dalam 700 mL air bebas mineral, atur pH larutan sampai 7,2 dengan penambahan larutan NaOH 30 %, kemudian encerkan hingga 1 L.

4.2.2.2 Larutan magnesium sulfat;

Larutkan 22,5 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan air bebas mineral, kemudian encerkan hingga 1 L.

4.2.2.3 Larutan kalsium klorida;

Larutkan 27,5 g CaCl_2 anhidrat dengan air bebas mineral, kemudian encerkan hingga 1 L.

4.2.2.4 Larutan feri klorida;

Larutkan 0,25 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan air bebas mineral, kemudian encerkan hingga 1 L.

4.2.3 Larutan suspensi bibit mikroba;

Sumber bibit mikroba dapat diperoleh dari limbah domestik, efluen dari pengolahan limbah secara biologis yang belum mengalami klorinasi dan penambahan desinfektan atau air sungai yang menerima buangan limbah organik. Sebaiknya bibit mikroba diperoleh dari pengolahan limbah secara biologis. Pembuatan suspensi bibit mikroba dapat dilakukan dengan 3 cara sebagai berikut:

4.2.3.1 Cara 1

- a) ambil supernatan dari sumber bibit mikroba (limbah domestik atau efluen pengolahan limbah);
- b) lakukan aerasi dengan segera terhadap supernatan tersebut, sampai akan digunakan.

4.2.3.2 Cara 2

Cara ini dilakukan berdasarkan standar *OECD guideline for testing of chemicals, 301 -1992 ready biodegradability*, dengan uraian sebagai berikut (Lampiran A):

- a) ambil air dari bak aerasi pada sistem pengolahan lumpur aktif;
- b) pisahkan partikel-partikel kasar dari air lumpur aktif dengan cara penyaringan;
- c) suspensi lumpur aktif yang telah dipisahkan dari partikel kasar, diendapkan selama 30 menit atau disentrifugasi pada putaran 100 x g selama 10 menit;
- d) endapan dipisahkan, kemudian endapan ditambahkan ke dalam medium mineral (Lampiran B) sampai kandungan padatan tersuspensi 3 g sampai dengan 5 g MLSS/L atau jumlah mikroba 10^7 sel/L sampai dengan 10^8 sel/L;
- e) homogenkan padatan tersuspensi dengan alat blender pada kecepatan sedang selama 2 menit, kemudian diendapkan selama ± 30 menit;
- f) supernatan dipisahkan dan digunakan sebagai bibit mikroba;
- g) sebelum digunakan, supernatan tersebut dikocok dengan menggunakan *shaker* selama 5 sampai dengan 7 hari pada suhu yang sama dengan suhu pengujian ($20^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$).

CATATAN 1 Analisis perhitungan mikroba dilakukan menurut *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition, 2005: Pour Plate method (9215 B)*.

CATATAN 2 Analisis MLSS dilakukan menurut *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition, 2005: Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C (2540 E)*.

4.2.3.3 Cara 3

Suspensi bibit mikroba dapat dibuat dari BOD *seed* yang tersedia secara komersial.

4.2.4 Larutan air pengencer

- a) siapkan air bebas mineral yang jenuh oksigen atau minimal 7,5 mg/L, dalam botol gelas yang bersih, kemudian atur suhunya pada kisaran $20^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$;
- b) tambahkan ke dalam setiap 1 L air bebas mineral jenuh oksigen tersebut, masing-masing 1 mL larutan nutrisi (4.2.2) yang terdiri dari larutan bufer fosfat, MgSO_4 , CaCl_2 dan FeCl_3 ;

- c) tambahkan juga bibit mikroba ke dalam setiap 1 L air bebas mineral, untuk:
Cara 1 : 1 mL sampai dengan 3 mL (bibit mikroba pada langkah 4.2.3.1) dan aduk sampai homogen; atau
Cara 2 : 1 mL sampai dengan 10 mL (bibit mikroba pada langkah 4.2.3.2) dan aduk sampai homogen; atau
Cara 3 : Bibit mikroba pada langkah 4.2.3.3, sesuai petunjuk penggunaan.

CATATAN 1 Penjenuhan oksigen dapat dilakukan dengan cara mengalirkan udara ke dalam air dengan menggunakan aerator yang dilengkapi filter bebas organik. Apabila digunakan udara tekan, udara tersebut tidak boleh mengandung zat-zat lain, seperti minyak, air dan gas.

CATATAN 2 Larutan air pengencer, harus dibuat langsung saat akan digunakan.

CATATAN 3 Volume bibit mikroba yang ditambahkan, dapat berdasarkan hasil uji glukosa-asam glutamat yang menghasilkan nilai BOD $198 \text{ mg/L} \pm 30,5 \text{ mg/L}$.

4.2.5 Larutan glukosa-asam glutamat

Keringkan glukosa (p.a) dan asam glutamat (p.a) pada $103 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 1 jam. Timbang 150 mg glukosa dan 150 mg asam glutamat, kemudian larutkan dengan air bebas mineral hingga 1 L.

4.2.6 Larutan asam dan basa 1 N

4.2.6.1 Larutan asam sulfat

Tambahkan 28 mL H_2SO_4 pekat sedikit demi sedikit ke dalam $\pm 800 \text{ mL}$ air bebas mineral sambil diaduk. Encerkan dengan air bebas mineral hingga 1 L.

4.2.6.2 Larutan natrium hidroksida

Larutkan 40 g NaOH dalam air bebas mineral hingga 1 L.

4.2.7 Larutan natrium sulfit;

Larutkan 1,575 g Na_2SO_3 dalam 1 L air bebas mineral. Larutan ini disiapkan segera saat akan digunakan.

4.2.8 Inhibitor nitrifikasi Allylthiourea (ATU);

Larutkan 2,0 g ATU ($\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{S}$) dalam 500 mL air bebas mineral, kemudian tambahkan air bebas mineral hingga 1 L. Simpan pada suhu 4°C . Larutan ini stabil maksimum 2 minggu.

4.2.9 Asam asetat;

Encerkan 250 mL asam asetat (CH_3COOH) glasial (massa jenis 1,049) dengan 250 mL air bebas mineral.

4.2.10 Larutan kalium iodida 10%;

Larutkan 10 g kalium iodida (KI) dengan air bebas mineral hingga 100 mL.

4.2.11 Larutan indikator amilum (kanji).

Masukkan 2 g kanji dan $\pm 0,2 \text{ g}$ asam salisilat ke dalam 100 mL air bebas mineral panas kemudian aduk sambil dipanaskan hingga larut.

4.3 Peralatan

- a) botol DO;
- b) lemari inkubasi atau *water cooler*, suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, gelap;
- c) botol dari gelas 5 L – 10 L;
- d) pipet volumetrik 1,0 mL dan 10,0 mL;
- e) labu ukur 100,0 mL; 200,0 mL dan 1000,0 mL;
- f) pH meter;
- g) DO meter yang terkalibrasi;
- h) *shaker*;
- i) blender;
- j) oven; dan
- k) timbangan analitik.

CATATAN Apabila tidak tersedia lemari inkubasi atau *water cooler*, dapat digunakan ruang dengan kondisi suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, gelap.

4.4 Prosedur

4.4.1 Persiapan

4.4.1.1 Pengambilan contoh uji

Contoh uji di ambil berdasarkan SNI 06-6989.57-2008 untuk metoda pengambilan contoh air permukaan dan SNI 06-6989.59-2008 untuk metoda pengambilan contoh air limbah.

4.4.1.2 Penyimpanan contoh

a) Penyimpanan contoh sesaat (*grab samples*)

Suhu penyimpanan contoh sesaat dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 - Suhu penyimpanan contoh

Lama penyimpanan contoh	Suhu penyimpanan
< 2 jam	Tidak perlu disimpan di lemari pendingin
2 – 6 jam	$\leq 4^{\circ}\text{C}$
6 – 24 jam	$\leq 4^{\circ}\text{C}$ dan catat lama waktu penyimpanan
> 24 jam	Contoh tidak mewakili uji BOD

b) Penyimpanan contoh gabungan (*composite samples*)

Selama pengumpulan, penyimpanan contoh dilakukan pada suhu $\leq 4^{\circ}\text{C}$. Batas periode pengumpulan contoh maksimal 24 jam dari waktu pengambilan contoh terakhir. Gunakan kriteria lama penyimpanan contoh gabungan, seperti pada pengambilan contoh sesaat (Tabel 1).

4.4.2 Persiapan pengujian

4.4.2.1 Pengaturan pH

- a) Kondisikan contoh uji pada suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.
- b) Lakukan pengukuran pH contoh, jika nilainya tidak dalam kisaran 6,0 - 8,0, atur pH pada kisaran tersebut dengan penambahan larutan H_2SO_4 atau NaOH.
- c) Penambahan asam atau basa tidak boleh mengakibatkan pengenceran lebih dari 0,5%.

4.4.2.2 Penghilangan zat-zat pengganggu

4.4.2.2.1 Contoh uji mengandung klorin sisa (*residual chlorine compounds*)

- a) Ke dalam 100 mL contoh uji, tambahkan 10 mL larutan kalium iodida (10%), 10 mL asam asetat (1+1) dan beberapa tetes indikator larutan kanji. Jika terjadi warna biru, titrasi dengan larutan natrium sulfit sampai warna biru tepat hilang. Catat pemakaian larutan natrium sulfit (a mL).
- b) Ke dalam 100 mL contoh uji yang lain, tambahkan a mL larutan natrium sulfit, kocok dan biarkan 10 menit. Kemudian tambahkan 10 mL larutan kalium iodida dan 10 mL asam asetat. Bila campuran berwarna biru, titrasi dengan larutan natrium sulfit sampai warna biru tepat hilang. Catat pemakaian larutan natrium sulfit (b mL).
- c) Ke dalam 100 mL contoh uji yang akan diuji BOD nya, tambahkan (a + b) mL larutan natrium sulfit.

4.4.2.2.2 Contoh uji mengandung senyawa toksik lain

Terhadap contoh uji-contoh uji yang mengandung senyawa toksik, lakukan perlakuan khusus untuk menghilangkannya. Salah satu perlakuan adalah dengan cara pengenceran (lihat Tabel 2).

4.4.2.2.3 Contoh uji mengandung hidrogen peroksida

- a) kocok contoh uji dalam wadah terbuka selama 1-2 jam atau lebih;
- b) hentikan pengocokan dan ukur oksigen terlarut;
- c) biarkan tanpa pengocokan selama 30 menit;
- d) hidrogen peroksida dinyatakan hilang, bila dalam perioda waktu 30 menit tanpa pengocokan tidak terjadi peningkatan konsentrasi oksigen terlarut.

4.4.2.2.4 Contoh uji mengandung oksigen terlarut lewat jenuh

Hilangkan kelebihan oksigen dengan cara pengocokan atau diaerasi pada suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.

4.4.2.3 Larutan glukosa-asam glutamat

- a) kondisikan larutan glukosa-asam glutamat pada suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$;
- b) masukkan 20 mL larutan glukosa-asam glutamat (4.2.5) ke dalam labu ukur 1 L;
- c) encerkan dengan larutan air pengencer (4.2.4) hingga 1 L;
- d) aduk sampai homogen.

4.4.2.4 Larutan contoh uji

- a) kondisikan contoh uji pada suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$;
- b) dalam labu ukur, lakukan pengenceran contoh uji dengan larutan pengencer (4.2.4) hingga 1 L. Jumlah pengenceran sangat tergantung pada karakteristik contoh uji, dan dipilih pengenceran yang diperkirakan dapat menghasilkan penurunan oksigen terlarut minimal 2,0 mg/L dan sisa oksigen terlarut minimal 1,0 mg/L setelah inkubasi 5 hari.

- c) pengenceran contoh uji dapat dilakukan berdasarkan faktor pengenceran seperti dalam Tabel 2.

Tabel 2 - Jumlah contoh uji

Jenis contoh uji	Jumlah contoh uji (%)	Faktor pengenceran
Limbah industri yang sangat pekat	0,01 – 1,0	10000 - 100
Limbah yang diendapkan	1,0 – 5,0	100 - 20
Efluen dari proses biologi	5,0 – 25	20 - 4
Air sungai	25 -100	4 - 1

Sumber: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition, 2005: Biochemical Oxygen Demand (5210).*

4.4.3 Pengujian

- siapkan 2 buah botol DO, tandai masing-masing botol dengan notasi A₁; A₂;
- masukkan larutan contoh uji (4.4.2.4) ke dalam masing-masing botol DO A₁ dan A₂; sampai meluap, kemudian tutup masing masing botol secara hati-hati untuk menghindari terbentuknya gelembung udara;
- lakukan pengocokan beberapa kali, kemudian tambahkan air bebas mineral pada sekitar mulut botol DO yang telah ditutup;
- simpan botol A₂ dalam lemari inkubator 20°C ± 1°C selama 5 hari;
- lakukan pengukuran oksigen terlarut terhadap larutan dalam botol A₁ dengan alat DO meter yang terkalibrasi sesuai dengan *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition, 2005: Membrane electrode method (4500-O G)* atau dengan metoda titrasi secara iodometri (modifikasi Azida) sesuai dengan SNI 06-6989.14-2004. Hasil pengukuran, merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (A₁). Pengukuran oksigen terlarut pada nol hari harus dilakukan paling lama 30 menit setelah pengenceran;
- ulangi pengerjaan 4.4.3 butir e) untuk botol A₂ yang telah diinkubasi 5 hari ± 6 jam. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut 5 hari (A₂);
- lakukan pengerjaan 4.4.3 butir a) sampai f) untuk penetapan blanko dengan menggunakan larutan pengencer tanpa contoh uji (4.2.3). Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (B₁) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (B₂);
- lakukan pengerjaan 4.4.3 butir a) sampai f) untuk penetapan kontrol standar dengan menggunakan larutan glukosa-asam glutamat (4.4.2.3). Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (C₁) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (C₂);
- lakukan kembali pengerjaan 4.4.3 butir a) sampai butir f) terhadap beberapa macam pengenceran contoh uji.

CATATAN 1 Untuk mencegah terjadinya proses nitrifikasi dapat ditambahkan larutan inhibitor nitrifikasi (4.2.8) 1 mL per 1 L larutan pengencer.

CATATAN 2 Oksigen terlarut dalam air pengencer yang dikonsumsi mikroba selama 5 hari berkisar antara 0,6 mg/L – 1,0 mg/L.

CATATAN 3 Frekuensi pengerjaan untuk penetapan blanko (4.4.3. butir g) dan kontrol standar dengan glukosa-asam glutamat (4.4.3. butir h) dilakukan 5% - 10% per *batch* (satu seri pengukuran) atau minimal 1 kali untuk jumlah contoh uji kurang dari 20.

4.5 Pernyataan hasil

4.5.1 Perhitungan nilai BOD₅

a) Nilai BOD₅ contoh uji dihitung sebagai berikut:

$$\text{BOD}_5 = \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{(B_1 - B_2)}{V_B}\right)V_c}{P}$$

dengan pengertian:

- BOD₅ adalah nilai BOD₅ contoh uji (mg/L);
A₁ adalah kadar oksigen terlarut contoh uji sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L);
A₂ adalah kadar oksigen terlarut contoh uji setelah inkubasi 5 hari (mg/L);
B₁ adalah kadar oksigen terlarut blanko sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L);
B₂ adalah kadar oksigen terlarut blanko setelah inkubasi 5 hari (mg/L);
V_B adalah volume suspensi mikroba (mL) dalam botol DO blanko;
V_c adalah volume suspensi mikroba dalam botol contoh uji (mL);
P adalah perbandingan volume contoh uji (V₁) per volume total (V₂).

CATATAN Bila contoh uji tidak ditambah bibit mikroba V_B = 0.

4.5.2 Laporan hasil uji

Laporkan nilai BOD₅ dari hasil perhitungan yang memenuhi batas keberterimaan pengendalian mutu

5 Pengendalian mutu

- Gunakan bahan kimia pro analisis (p.a).
- Gunakan alat gelas bebas kontaminan.
- Gunakan alat ukur yang terkalibrasi atau terverifikasi.
- Dikerjakan oleh analis/penguji yang kompeten.
- Gunakan air bebas mineral yang bebas kontaminan, penurunan konsentrasi oksigen terlarut maksimum < 0,4 mg/L selama 5 hari.
- Nilai BOD₅ larutan kontrol standar glukosa-asam glutamat berada pada kisaran 198 ± 30,5 mg/L, dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

Nilai BOD₅ kontrol standar dihitung sebagai berikut:

$$\text{BOD}_5 = \frac{(C_1 - C_2) - \left(\frac{(B_1 - B_2)}{V_B}\right)V_s}{P}$$

dengan pengertian:

- BOD₅ adalah nilai BOD₅ kontrol standar (2 ulangan) (mg/L);
C₁ adalah kadar oksigen terlarut glukosa-asam glutamat nol hari (mg/L);
C₂ adalah kadar oksigen terlarut glukosa-asam glutamat 5 hari (mg/L);
B₁ adalah kadar oksigen terlarut blanko nol hari (mg/L);
B₂ adalah kadar oksigen terlarut blanko 5 hari (mg/L);

V_B adalah volume suspensi mikroba (mL) dalam botol DO blanko;

V_s adalah volume suspensi mikroba per botol DO (mL) dalam standar glukosa-glutamat;

P adalah perbandingan volume contoh uji dengan larutan pengencer.

- g) Perbedaan antara nilai replikasinya (RPD) tidak lebih dari 30%, rumus perhitungan %RPD adalah sebagai berikut :

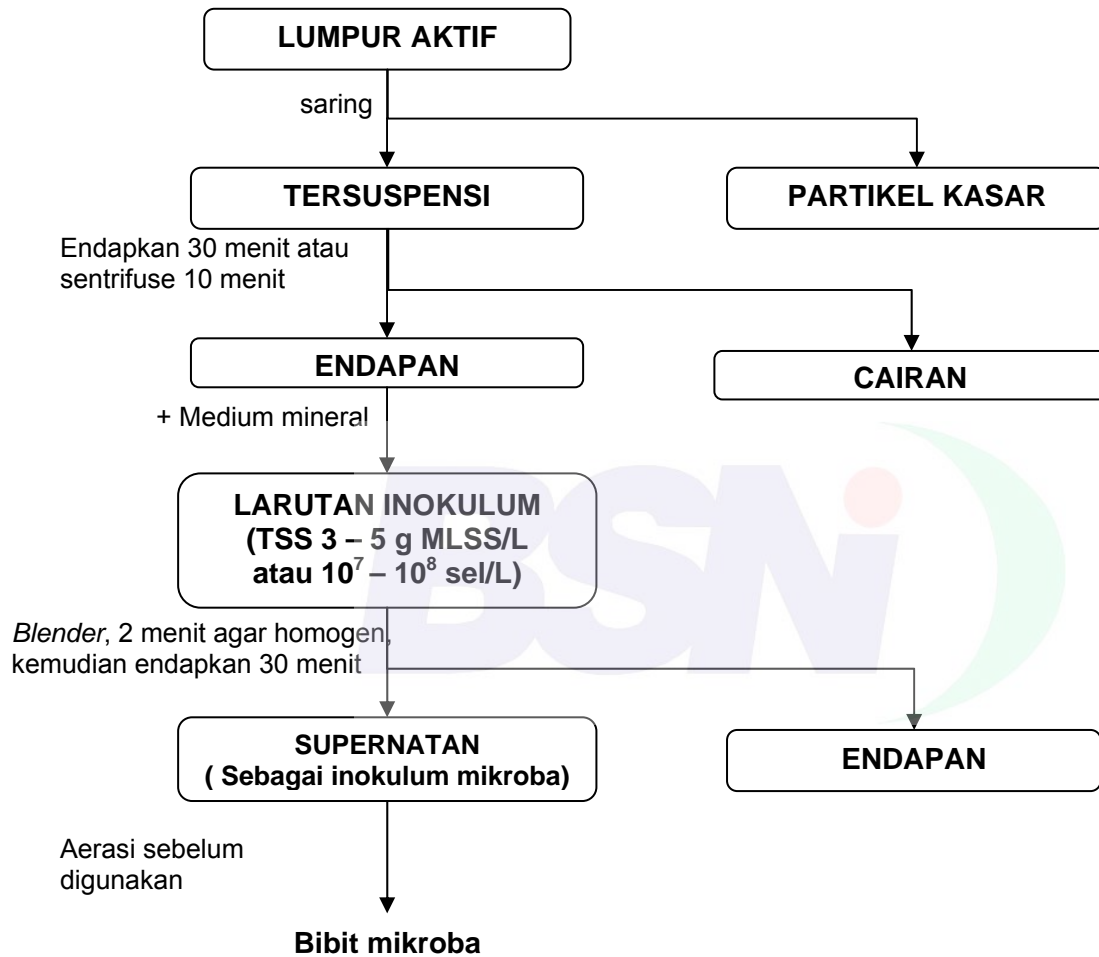
Persen RPD

$$\%RPD = \left| \frac{\text{hasil pengukuran} - \text{duplikat pengukuran}}{(\text{hasil pengukuran} + \text{duplikat pengukuran})/2} \right| \times 100\%$$



Lampiran A
(informatif)

Bagan alir persiapan bibit mikroba



Sumber: OECD guideline for testing of chemicals, 301A -1992 ready biodegradability.

Lampiran B
(normatif)
Pembuatan medium mineral

B.1 Persiapan larutan induk

Buat 4 jenis larutan induk medium mineral, dengan menggunakan bahan-bahan kimia yang memiliki kualitas *pa*. Cara pembuatan dari masing-masing larutan induk medium mineral adalah sebagai berikut:

- 1) Larutan induk A
Larutkan 8,50 g kalium dihidrogen fosfat (KH_2PO_4); 21,75 g dikalium hidrogen fosfat (K_2HPO_4); 33,40 g dinatrium hidrogen fosfat dihidrat ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan 0,50 g amonium klorida (NH_4Cl) dalam 1 L air bebas mineral. pH larutan akan menjadi 7,4. Bila tidak, maka diatur pada $7,4 \pm 0,2$ dengan penambahan HCl 0,1 N atau NaOH 0,1 N.
- 2) Larutan induk B
Larutkan 27,50 g kalsium klorida (CaCl_2) atau 36,40 g kalsium klorida dihidrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dalam 1 L air bebas mineral.
- 3) Larutan induk C
Larutkan 22,50 g magnesium sulfat heptahidrat ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) dalam 1 L air bebas mineral.
- 4) Larutan induk D
Larutkan 0,25 g besi(III) klorida heksahidrat ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dalam 1 L air bebas mineral.

B.2 Pembuatan medium mineral

- a) masukkan 10 mL larutan induk A ke dalam *Erlenmeyer* ukuran 2000 mL;
- b) tambahkan 800 mL air bebas mineral, kemudian aduk hingga homogen;
- c) tambahkan larutan induk B; induk C dan induk D masing-masing 1 mL, kemudian tambahkan kembali air bebas mineral sampai volumenya menjadi 1000 mL.

CATATAN 1 Untuk menghindari terjadinya kontaminasi terhadap larutan-larutan induk tersebut, tambahkan 1 tetes larutan HCl encer atau 0,4 g EDTA per liter larutan.

CATATAN 2 Jika terdapat endapan dalam larutan induk, gantilah dengan larutan induk yang baru.

Sumber: *OECD guideline for testing of chemicals, 301 -1992 ready biodegradability*

Lampiran C

(informatif)

Perkiraan nilai BOD₅ berdasarkan nilai COD dalam penentuan volume contoh dan volume air pengencer

Tabel C.1 - Volume contoh air untuk analisis BOD₅

Perkiraan nilai BOD ₅	Volume contoh	Volume air pengencer
0-7	300	0
6 - 21	100	200
12 - 42	50	250
30 -105	20	280
60 - 210	10	290
120 - 420	5	295
300 -1050	2	298
600 -2100	1	299

Sumber: Sawyer,C.N., and McCarty,P.L., 1978, *Chemistry for environmental Engineering*. New York, McGraw-Hill, p. 416-432.

Lampiran D

(informatif)

Daftar konsentrasi jenuh oksigen pada suhu tertentu

Suhu (°C)	Tekanan udara(mmHg)										
	760.0	745.0	730.0	700.0	695.0	690.0	685.0	680.0	675.0	670.0	665.0
20.0	9.1	8.9	8.7	8.3	8.3	8.2	8.2	8.1	8.0	8.0	7.9
20.5	9.0	8.8	8.6	8.3	8.2	8.1	8.1	8.0	7.9	7.9	7.8
21.0	8.9	8.7	8.5	8.2	8.1	8.1	8.0	7.9	7.9	7.8	7.8
21.5	8.8	8.6	8.4	8.1	8.0	8.0	7.9	7.9	7.8	7.7	7.7
22.0	8.7	8.5	8.4	8.0	8.0	7.9	7.8	7.8	7.7	7.7	7.6
22.5	8.6	8.5	8.3	7.9	7.9	7.8	7.8	7.7	7.6	7.6	7.5
23.0	8.6	8.4	8.2	7.9	7.8	7.7	7.7	7.6	7.6	7.5	7.5
23.5	8.5	8.3	8.1	7.8	7.7	7.7	7.6	7.6	7.5	7.4	7.4
24.0	8.4	8.2	8.0	7.7	7.7	7.6	7.5	7.5	7.4	7.4	7.3
24.5	8.3	8.1	8.0	7.6	7.6	7.5	7.5	7.4	7.4	7.3	7.2
25.0	8.2	8.1	7.9	7.6	7.5	7.5	7.4	7.3	7.3	7.2	7.2
25.5	8.2	8.0	7.8	7.5	7.4	7.4	7.3	7.3	7.2	7.2	7.1
26.0	8.1	7.9	7.8	7.4	7.4	7.4	7.3	7.2	7.2	7.1	7.0
26.5	8.0	7.8	7.7	7.4	7.3	7.3	7.2	7.1	7.1	7.0	7.0
27.0	7.9	7.8	7.6	7.3	7.2	7.2	7.1	7.1	7.0	7.0	6.9
27.5	7.9	7.7	7.5	7.2	7.2	7.2	7.1	7.0	7.0	6.9	6.8
28.0	7.8	7.6	7.5	7.2	7.1	7.1	7.0	6.9	6.9	6.8	6.8
28.5	7.7	7.6	7.4	7.1	7.0	7.0	6.9	6.9	6.8	6.8	6.7
29.0	7.7	7.5	7.3	7.0	7.0	7.0	6.9	6.8	6.8	6.7	6.7
29.5	7.6	7.4	7.3	7.0	6.9	6.9	6.8	6.8	6.7	6.7	6.6
30.0	7.5	7.4	7.2	6.9							

Sumber: Lewis, M. E. *Dissolved Oxygen Version 2.0, U.S. Geological Survey TWRI Book 9, 2006.*

Lampiran E

(informatif)

Contoh format pelaporan hasil uji BOD₅

LAPORAN HASIL CONTOH UJI

Nomor contoh uji :

Pelaksana uji :

Air bebas mineral

Volume air bebas mineral (mL)	DO-nol (M ₁), mg/L	DO-5 (M ₂), mg/L	Penurunan DO (M ₁ - M ₂) mg/L

Air pengencer

Volume air pengencer (mL)	Volume mikroba (mL)	DO-nol (B ₁) mg/L	DO-5 (B ₂) mg/L	(B ₁ - B ₂) mg/L	Konsumsi DO oleh mikroba (mg DO/mL larutan mikroba/botol BOD)

Hasil Uji BOD-5

Kode contoh	Volume air pengencer (mL)	Volume contoh uji (mL)	Vol. mikroba (mL)	DO-nol (A ₁) mg/L	DO-5 (A ₂) mg/L	(A ₁ - A ₂) mg/L	Konsumsi DO oleh mikroba (mg/L DO/mL mikroba)	BOD

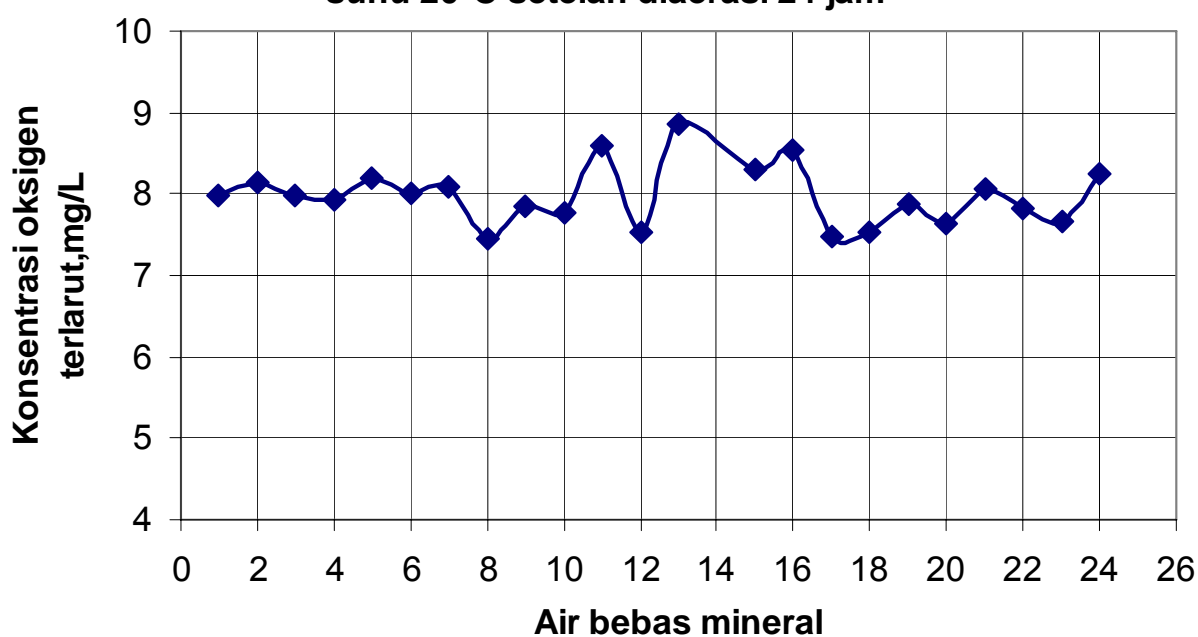
"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, Copy standar ini dibuat untuk penayangan di website dan tidak untuk dikomersialkan"

Lampiran F
(informatif)
Hasil verifikasi metode BOD

F.1 - Air bebas mineral

Kode contoh	DO-0 (M_1), mg/L	DO-5 (M_2), mg/L	Penurunan DO ($M_1 - M_2$) mg/L
1	7.8	7	0.80
2	7.92	6.96	0.96
3	7.67	6.9	0.77
4	7.81	6.95	0.86
5	7.82	6.87	0.95
6	7.81	6.88	0.93
7	7.67	6.9	0.77
Rata-rata	7.8	6.9	0.86
SD	0.09	0.05	0.08
KV (%)	1.14	0.7	9.8

Grafik konsentrasi oksigen terlarut air pengencer pada suhu 20⁰C setelah diaerasi 24 jam



F.2 Hasil validasi metoda BOD

F.2.1 Jumlah koloni mikroba pada larutan suspensi mikroba

a) Persiapan larutan suspensi mikroba, mengacu pada 4.2.3 cara 1.

Pengenceran larutan suspensi mikroba	Jumlah koloni (sel/mL)
$.10^{-2}$	6.10^5
$.10^{-4}$	14.10^6
$.10^{-6}$	14.10^7
$.10^{-8}$	0
$.10^{-10}$	0

b) Persiapan larutan suspensi mikroba , mengacu pada 4.2.3 cara 2.

Pengenceran larutan suspensi mikroba	Jumlah koloni (sel/mL)
$.10^{-2}$	Terlalu pada padat*
$.10^{-4}$	Terlalu pada padat*
$.10^{-6}$	Terlalu pada padat*
$.10^{-8}$	42.10^{10}
$.10^{-10}$	20.10^{12}
* tidak dapat dihitung	

F.3 Verifikasi metoda BOD, dengan metoda penyediaan bibit mikroba

F.3.1 Metoda 4.1.2 cara 1, dengan jumlah koloni : 10^6 sel/ mL)

Kode	Persiapan				Awal (0 hari)			Akhir (5 hari)			Δ DO (A1 – A2) mg/L	Faktor Kontrol bibit		BOD mg/L
	V Air (mL)	V GGAI (mL)	F	V bibit (ml/L)	V btl (mL)	V.bibit mL/ botol	DO-0 (A1) mg/L	V btl (mL)	V.bibit (mL/botol)	DO-5 (A2) mg/L		Nilai	Rata-rata (Δ DO/ml bibit/ btl)	
Air					290	-	7,64	305	-	6,68	0,96			
Blanko1	700			2	295	0,59	7,66	305	0,61	6,44	1,22	2,03		
Blanko2	700			2	290	0,58	7,69	315	0,63	6,48	1,21	2,00	2,02	
GGA-1	700	14	50	1	294	0,29	7,82	330	0,33	2,49	5,33	0,63		235,04
GGA-2	700	14	50	1	298	0,30	7,37	305	0,305	2,52	4,85	0,61		212,10
GGA-3	700	14	50	1	293	0,29	7,64	305	0,305	2,52	5,12	0,60		225,85
GGA-4	700	14	50	1	300	0,30	7,52	300	0,30	2,64	4,88	0,61		213,75
GGA-5	700	14	50	1	294	0,29	7,37	315	0,315	2,42	4,95	0,61		216,80
GGA-6	700	14	50	1	298	0,30	7,44	298	0,298	2,49	4,95	0,60		217,45
GGA-7	700	14	50	1	294	0,29	7,44	298	0,298	2,49	4,95	0,60		217,65
Rata-rata							7,51			2,51	5,00	0,61		219,81
SD							0,16			0,07	0,17	0,01		8,00
RSD(%)							2,19			2,64	3,34	1,76		3,64

Jaminan Mutu :

DO - 5 hari (A2) > 1,0 mg/L

 Δ DO (A1-A2) > 2,0 mg/L

Faktor kontrol bibit rata-rata : 0,6 – 1 mg/L per mL suspensi bibit per botol BOD

Nilai BOD GGA : $198 \pm 30,5$ mg/L atau 167,5 – 228,5 mg/L

F.3.2 Metoda 4.1.3.cara 2, dengan jumlah koloni : 10^9 sel/mL)

Kode	Persiapan				DO-0			DO-5			A1-A2 (mg/L)	Faktor control mikroba		BOD (mg/L)
	V Air (mL)	V GGA1 (mL)	F	V bibit (ml/L)	V btl (mL)	V.bibit mL/ botol	DO-0 (mg/L)	V btl (mL)	V.bibit (mL/botol)	DO-5 (mg/L)		Nilai	Rata-rata (Δ DO/ml bibit/ btl)	
Air					290	-	7,64	305	-	6,89	0,77			
B-1				1	290	0,29	7,74	305	0,305	7,0	0,74	2,49		
B-2				1	290	0,29	7,7	305	0,305	6,9	0,77	2,59	2,54	
GGA-1	700	10	70	1	295	0,295	7,81	305	0,305	4,18	3,63	0,76		200,81
GGA-2	700	10	70	1	295	0,295	7,42	320	0,32	3,84	3,58	0,78		195,97
GGA-3	700	10	70	1	295	0,295	7,61	315	0,315	3,83	3,78	0,77		210,42
GGA-4	700	10	70	1	287	0,287	7,66	325	0,325	3,85	3,81	0,78		212,34
GGA-5	700	10	70	1	295	0,295	7,53	315	0,315	3,98	3,55	0,77		194,32
GGA-6	700	10	70	1	295	0,295	7,4	315	0,315	4,01	3,39	0,77		183,12
GGA-7	700	10	70	1	285	0,285	7,62	330	0,33	3,9	3,72	0,78		205,77
Rata-rata							7,58			3,94	3,64	0,77		200,39
SD							0,14			0,15	0,15	0,01		10,22
RSD(%)							1,88			3,21	4,03	0,98		5,10

Jaminan Mutu :

DO - 5 hari (A2) > 1,0 mg/L

 Δ DO (A1-A2) > 2,0 mg/L

Faktor kontrol bibit rata-rata : 0,6 – 1 mg/L per mL suspensi bibit per botol BOD

Nilai BOD GGA : $198 \pm 30,5$ mg/L atau 167,5 – 228,5 mg/L

LAMPIRAN G
(informatif)
Lembar modifikasi

Uraian	Menurut metoda acuan	Modifikasi	Alasan
Selisih konsentrasi oksigen terlarut air pengencer (air bebas mineral) pada nol hari dengan 5 hari	tidak lebih dari 0,2 mg/L dan disaran tidak lebih dari 0,1 mg/L	Tidak lebih dari ± 1 mg/L	Sulit memperoleh air bebas mineral dengan kualitas baik
Pembuatan suspensi mikroba	Butir 4.2.3 cara 1 dan cara 3 sesuai metoda acuan	Ditambah satu cara lagi yang mengacu pada standar OECD 301A - 1992, yaitu pada butir 4.2.3. cara 2	<ul style="list-style-type: none"> • Telah dilakukan validasi dan dapat memenuhi syarat jaminan mutu. • Lebih mudah dan dapat diperoleh mikroba yang aktif

Bibliografi

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition, 2005: Biochemical Oxygen Demand (5210).

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition, 2005: Pour Plate method (9215 B).

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition, 2005: Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C (2540 E).

OECD guideline for testing of chemicals, 301A -1992 ready biodegradability.

SNI 06-6989.14-2004, Air dan air limbah - again 14: Cara uji oksigen terlarut secara yodometri (modifikasi azida).

SNI 06-2875-1992, Cara uji Kebutuhan Oksigen Biokimia air limbah.

SNI 03-7016-2004, Tata cara pengambilan contoh dalam rangka pemantauan kualitas air pada suatu daerah pengaliran sungai.











BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.go.id