

EDISI KOLABORASI DOSEN NASIONAL

Pengendalian dan Pengelolaan Limbah Industri

Muhammad Ardiansyah, S.Pi., M.Si.

Maisarah, S.Si., M.T.

Siti Unvaresi Misonia Beladona, M.Si

Dr. Ir. Maya Dewi Dyah Maharina, MAP.

Dr. Marnigot Tua Natalis Situmorang, S.Hut., M.Pd.

Laila Febrina, S.T., M.Si.

Erika Herliana, S.T., M.T.

Utari Yolla Sundari, S.TP., M.Si.

Dr. Ninin Gusdini, ST., M.T.

Evelyne Hanasetta, S.T., M.T.



Pengendalian dan Pengelolaan Limbah Industri



PENGENDALIAN DAN PENGELOLAAN LIMBAH INDUSTRI

Penulis :

Muhammad Ardiansyah, S.Pi., M.Si.

Maisarah, S.Si., M.T.

Laila Febrina, ST., M.Si.

Siti Unvaresi Misonia Beladona, M.Si.

Dr. Ir. Maya Dewi Dyah Maharina, M.AP.

Erika Herliana, S.T., M.T.

Utari Yolla Sundari, S.TP., M.Si.

Dr. Ninin Gusdini, ST., MT.

Evelyne Hanasenta N, ST., MT.

Dr. Marnigot Tua Natalis Situmorang, S.Hut., M.Pd.

Editor :

Utari Yolla Sundari, S.TP., M.Si, C.Ed.

Desain Layout :

Muh. Andis Hidayatullah, S.Pd., M.Pd.

Pengendalian dan Pengelolaan Limbah Industri



PENGENDALIAN DAN PENGELOLAAN LIMBAH INDUSTRI

Oleh :

Muhammad Ardiansyah, S.Pi., M.Si.

Maisarah, S.Si., M.T.

Laila Febriani, ST., M.Si.

Siti Unvaresi Misonia Beladona, M.Si.

Dr. Ir. Maya Dewi Dyah Maharina, M.AP.

Erika Herliana, S.T., M.T.

Utari Yolla Sundari, S.TP., M.Si.

Dr. Ninin Gusdini, ST., MT.

Evelyne Hanasenta N, ST., MT.

Dr. Marnigot Tua Natalis Situmorang, S.Hut., M.Pd.

Editor, Desain Cover dan layout:

Utari Yolla Sundari, S.TP., M.Si, C.Ed.

Muh. Andis Hidayatullah, S.Pd., M.Pd.

ISBN : 978-623-8548-63-7

CV. Gita Lentera Redaksi

Perm. Permata hijau Regency Blok F/1 Kelurahan Pisang Kecamatan
Pauh Kota Padang, Sumatera Barat

<https://gitalentera.com>

Anggota IKAPI No. 042/SBA/2023

All right reserved Cetakan Pertama: Februari 2024

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang memperbanyak
karya dalam bentuk apapun tanpa izin penerbit.

April 2024



Pengendalian dan Pengelolaan Limbah Industri



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusunan Buku Pengendalian dan Pengelolaan Limbah Industri ini dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dan bekerja keras dalam hadirnya karya buku ini. Bimbingan dan panduan dari berbagai pihak berperan penting dalam penulisan buku kolaborasi dosen nasional ini.

Kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak sangat kami harapkan untuk kesempurnaan penyusunan buku. Semoga buku ini bermanfaat dan memberikan kontribusi yang terbaik bagi yang memerlukannya.

Palangka Raya, Maret 2024

Tim Penyusun

Pengendalian dan Pengelolaan Limbah Industri



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	i
DAFTAR TABEL.....	i
RINGKASAN	i
BAB I.....	2
PENGANTAR PENGENDALIAN LIMBAH INDUSTRI.....	2
DEFENISI LIMBAH INDUSTRI.....	2
JENIS LIMBAH INDUSTRI.....	4
1. Limbah cair	4
2. Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun	4
3. Limbah Padat.....	5
4. Limbah Gas	5
PENGENDALIAN LIMBAH INDUSTRI	6
1. Pengendalian Limbah Secara Fisika.....	6
2. Pengendalian Limbah Secara Biologi	9
3. Pengendalian Limbah Secara Kimia	10
DAFTAR PUSTAKA	12
BAB II.....	16
KARAKTERISTIK DAN SUMBER LIMBAH INDUSTRI.....	16
KARAKTERISTIK DAN SUMBER LIMBAH INDUSTRI	16
1. Limbah Cair.....	17
2. Limbah Padat.....	19
3. Limbah Gas	21
4. Limbah Bahan Berbahaya Beracun (B3).....	22
DAFTAR PUSTAKA	24
BAB III.....	27
Teknologi Pengolahan Limbah Secara Fisika	27

Pengendalian dan Pengelolaan Limbah Industri



PENDAHULUAN	27
PENGOLAHAN LIMBAH SECARA FISIKA	29
1. Screening	30
c. Microscreens (<0.5mm)/ Saringan mikro	32
2. Mixing And Flocculation	32
3. Sedimentation	33
DAFTAR PUSTAKA	36
BAB IV.....	39
TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH SECARA KIMIA	39
PENDAHULUAN	39
1. Netralisasi.....	40
2. Presipitasi	42
3. Adsorpsi.....	44
4. Koagulasi dan Flokulasi	44
DAFTAR PUSTAKA	48
BAB V.....	51
TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH SECARA BIOLOGI	51
Proses Pengolahan Air Limbah Secara Biologi	51
1. Karakteristik Air Limbah	53
2. Pretreatment.....	54
Pilihan Teknologi RBC (Rotating Biological Contactors).....	54
Pembangunan IPAL Komunal Partisipatif Di Tingkat Lapang	56
DAFTAR PUSTAKA	58
BAB VI.....	61
TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH DENGAN FITOREMEDIASI	61
PENDAHULUAN	61
Fitoremediasi Limbah Cair Industri Tekstil.....	62
Fitoremediasi Limbah Cair Industri Elektroplating.....	65
Fitoremediasi Limbah Cair Industri Tahu	66
Fitoremediasi Limbah Cair Industri Tapioka.....	67

Pengendalian dan Pengelolaan Limbah Industri



Fitoremediasi Limbah Cair Industri Laundry	68
Fitoremediasi pada Industri Pertambangan	69
DAFTAR PUSTAKA	71
BAB VII.....	75
Teknologi Penanganan Limbah dengan Biofiltrasi.....	75
Pengertian Teknologi Biofiltrasi	75
Pemanfaatan Teknologi Biofiltrasi	76
Perkembangan Teknologi Biofiltrasi dalam Penanganan Limbah	81
DAFTAR PUSTAKA	84
BAB VIII.....	89
PENGLOLAAN AIR LIMBAH BERKELANJUTAN	89
Pendekatan Pengelolaan Limbah	89
Pengelolaan Limbah dalam Sustainable development Goals93	
Peluang dan Tantangan Pengelolaan Limbah Berkelanjutan	94
1. Ekonomi Circular:	94
2. Inovasi Teknologi.....	95
3. Pengembangan Energi Terbarukan:	95
Pengelolaan Limbah Berkelanjutan.....	96
DAFTAR PUSTAKA	101
BAB IX.....	105
PERATURAN KEBIJAKAN TERKAIT PENANGANAN LIMBAH INDUSTRI	105
Pengelolaan lingkungan hidup	105
Persetujuan Lingkungan	106
Pengendalian dan Pencemaran Limbah Cair	107
1. Aspek Perencanaan	107
2. Aspek Pelaksanaan	109
3. Aspek Evaluasi	109
Pengendalian dan Pencemaran Udara	110

Pengendalian dan Pengelolaan Limbah Industri



1. Aspek Perencanaan	110
2. Aspek Pelaksanaan	111
3. Aspek Evaluasi	111
Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) ..	112
1. Aspek Perencanaan	112
2. Aspek Pelaksanaan	113
3. Aspek Evaluasi	113
DAFTAR PUSTAKA	114
BAB X.....	117
PENGELOLAAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH INDUSTRI	117
Pendahuluan	117
Metode	122
Kontaminasi air	129
Kontaminasi tanah.....	129
Dampak pada manusia	130
Pengawasan Obat dan Makanan Dampak terhadap biosfer	130
Penghapusan limbah dan pengurangan volume	130
Upaya reklamasi dan pembatasan	131
Prospek masa depan.....	131
DAFTAR PUSTAKA	133



Bagian 3 Teknologi Pengolahan Limbah Secara Fisika

Laila Febrina, S.T., M.Si.

3



BAB III

Teknologi Pengolahan Limbah Secara Fisika

PENDAHULUAN

Pembangunan industri yang pesat saat ini tentunya memberikan dampak positif dan dampak negatif. Peningkatan jumlah limbah yang dihasilkan merupakan salah satu dampak negatif yang timbul. Keberadaan limbah dari suatu proses industri, umumnya dibuang ke lingkungan. Namun, sebelum dibuang ke lingkungan limbah tersebut harus diolah terlebih dahulu agar tidak mencemari ekosistem lingkungan serta mengganggu kesejahteraan masyarakat (Askari, 2015).

Adanya kontaminasi air dengan polutan pada air limbah membuat limbah perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Air merupakan bahan alam yang paling dibutuhkan oleh makhluk hidup. Akan tetapi keberadaannya, sekitar 97% air yang ada di dunia merupakan air garam. Sementara air tawar yang ada, 69% berada di lapisan es dan gletser, 30% merupakan air tanah dan kurang dari 0,27% air yang terdapat di sungai dan danau. Sebagian besar sungai dan danau tercemar dengan berbagai penyebab alami dan antropogenik. Oleh karena itu, penting bagi kita untuk mengolah air limbah sebelum dibuang ke lingkungan.

Tujuan pengolahan limbah cair secara umum untuk mengurangi kandungan bahan pencemar terutama senyawa

Pengendalian dan Pengelolaan Limbah Industri



organik, padatan tersuspensi mikroba patogen dan senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme organik. Berdasarkan metode pengolahan air limbah, pada umumnya terdiri dari tiga jenis yaitu pengolahan secara fisika, biologi dan kimia. Pemilihan metode yang dilakukan dapat salah satu dari metode tersebut atau kombinasi dari ketiganya. Proses pemilihan metode tersebut berdasarkan sifat polutan air limbah yang akan diolah (Riffat, 2012). Namun sejalan dengan perkembangannya tujuan pengolahan air limbah sekarang ini juga terkait dengan aspek estetika dan lingkungan (Rahmawatin dan Abdurrosyid, 2014).

Dalam proses pengolahan air limbah industri , terdapat beberapa rangkaian proses pengolahannya, salah satunya adalah pengolahan secara fisika. Metode fisik pengolahan air limbah melibatkan penggunaan proses fisik untuk menghilangkan kontaminan dan polutan dari air limbah tanpa mengubah komposisi kimianya.

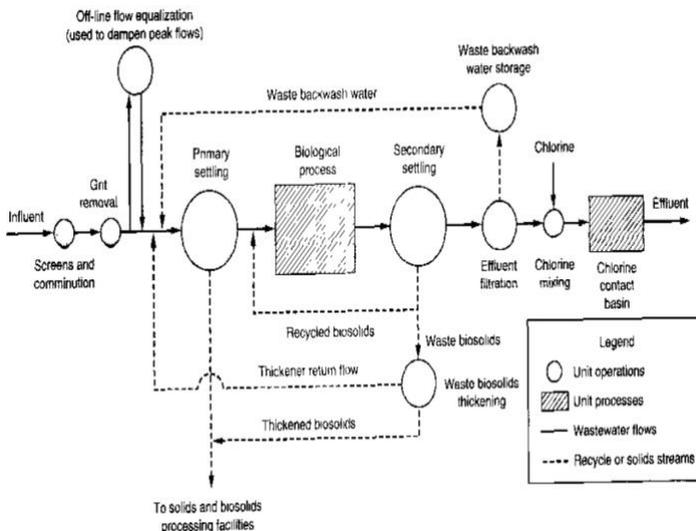
Pemilihan unit operasi dalam pengolahan limbah menjadi salah satu faktor penting dalam desain instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Sebagian besar operasi unit fisik digunakan dalam langkah-langkah pengolahan awal dan primer. Penyaringan, Pencampuran, Flokulasi, sedimentasi, pemisahan gravitasi adalah beberapa unit operasi fisik dalam pengolahan air limbah. Pada bab ini, kita akan mempelajari operasi unit fisik yang terlibat dalam proses pengolahan air limbah. Dalam bab sebelumnya, kita telah mempelajari karakteristik dan sumber

Pengendalian dan Pengelolaan Limbah Industri

limbah industri.

PENGOLAHAN LIMBAH SECARA FISIKA

Proses pengolahan secara fisika merupakan metode pengolahan air limbah dengan cara menghilangkan polutan secara fisika melalui sedimentasi, penyaringan, screening dan lain-lain. Prinsip utama dari pengolahan limbah secara fisika adalah untuk menghilangkan padatan tersuspensi yang terdapat pada air limbah.



Gambar 1. Diagram Unit Proses Secara Fisika

Sumber: Metcalf and Eddy (2023)

Setiap unit pengolahan limbah secara fisik dapat mencegahnya masuknya bahan-bahan yang tidak diinginkan masuk ke dalam IPAL. Bahan-bahan yang dapat dicegah oleh unit

Pengendalian dan Pengelolaan Limbah Industri



fisika antara lain batu, botol plastik, dan sampah padat lainnya. Jika bahan-bahan semacam ini masuk ke dalam IPAL dapat mengganggu proses pengolahan limbah selanjutnya. Berikut adalah beberapa metode pengolahan limbah fisik umum yang digunakan dalam pengolahan air limbah yaitu diantaranya yaitu *Screening, Mixing and flocculation, Gravity separation, Sedimentation*.

1. *Screening*

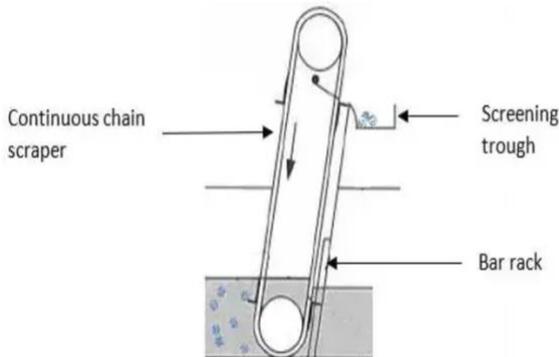
Screening ini berguna untuk menghilangkan sampah padat yang terdapat dalam aliran air limbah. Hal ini dapat membantu mencegah kerusakan yang dapat terjadi pada proses selanjutnya (misalnya partikel besar dapat merusak pompa yang digunakan untuk mentransfer air limbah). Dan itu tentunya untuk meningkatkan keandalan proses dan efektivitas perawatan proses. *Screening* ini mampu menahan partikel berukuran besar (sampah padat), tetapi tetap perlu diperhatikan cara membuang sampah hasil saringan tersebut, kita perlu mengangkut dan membuangnya dengan tepat. Sebab jika tidak, maka sampah yang berukuran besar tersebut rawan terkontaminasi dengan mikroorganisme patogen, serangga nyamuk, lalat dan gas yang ditimbulkan karena penumpukan sampah padat tersebut.

Klasifikasi unit *screening* pada air limbah umumnya terbagi tiga berdasarkan ukuran bukaannya dalam elemen penyaringan dan mekanisme penyisihan:

Pengendalian dan Pengelolaan Limbah Industri

a. *Coarse screens* (> 6mm) / Saringan Kasar

Dalam pengolahan air limbah, *coarse screen* digunakan untuk melindungi pompa, katup, pipa dan peralatan lainnya dari kerusakan atau penyumbatan oleh padatan yang berukuran besar (partikel yang lebih besar dari 6 mm seperti botol plastik, batu, kain, daun, dll). Keberadaan *coarse screen* ini sangat tergantung pada karakter air limbahnya. Untuk pembersihan pada *coarse screen* ini dapat dilakukan dengan manual dan mekanis. Pembersihan secara manual dilakukan untuk aliran limbah yang memiliki kecepatan alir kecil hingga menengah. Sementara itu pembersihan secara mekanis umumnya untuk penyaringan yang menggunakan rantai seperti gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. *Coarse Screen* yang digerakkan oleh rantai

b. *Fine screen* (0,5 mm hingga 6 mm) / Saringan Halus

Kegunaan dari saringan halus (*fine screen*) meliputi berbagai spektrum, termasuk pengolahan pendahuluan (setelah



Coarse Screen) pada pengolahan air limbah, Pengolahan primer (sebagai pengganti pengendapan primer). *Fine Screen* dapat digunakan untuk menghilangkan padatan dari effluent primer yang dapat menyebabkan masalah penyumbatan dalam *trickling filter*.

c. Microscreens (<0.5mm)/ Saringan mikro

Microscreens/ Saringan mikro ini memiliki berbagai bukaan dan mampu menghilangkan padatan tersuspensi sekitar 55%. Kecepatan aliran pada *microscreens* sangat rendah sekitar 4 radian/menit. Tidak disarankan untuk menggunakan saringan mikro ketika fluktuasi beban limbah meningkat. Saringan ini digunakan untuk menghilangkan padatan tersuspensi, limbah sekunder, dan kolam stabilisasi. Saringan tipe ini, memiliki pembersihan sendiri saat berfungsi sementara layar baji statis dan drum putar perlu dibersihkan dengan jet air atau jet uap.

2. Mixing And Flocculation

Mixing/pencampuran adalah unit operasi penting dalam pengolahan air limbah termasuk (1) pencampuran satu zat dengan zat lain secara sempurna (2) pencampuran cairan (3) flokulasi dan (5) transfer panas (*heat transfer*).

Flokulasi adalah proses di mana partikel-partikel kecil yang tersebar dalam cairan (seperti lumpur atau partikel padat lainnya dalam air limbah) diubah menjadi gumpalan-gumpalan yang lebih besar yang disebut flok. Proses ini biasanya melibatkan penambahan bahan kimia flokulan ke dalam cairan



untuk membantu partikel-partikel tersebut saling melekat dan membentuk flok yang lebih besar. Tujuan flokulasi adalah untuk mempermudah pengendapan partikel yang telah digumpalkan atau untuk meningkatkan efisiensi proses penyaringan. Proses flokulasi dilakukan setelah proses koagulasi dilakukan.

Koagulasi adalah proses di mana partikel-partikel kecil dalam cairan, seperti partikel padat dalam air limbah, disatukan menjadi gumpalan-gumpalan yang lebih besar. Ini dilakukan dengan menambahkan koagulan ke dalam cairan, yang bertindak untuk menetralkan muatan listrik partikel-partikel tersebut sehingga mereka dapat saling melekat dan membentuk gumpalan yang lebih besar. Proses koagulasi adalah langkah awal yang penting dalam pengolahan air limbah dan pengolahan air minum, karena membantu menghilangkan partikel-partikel yang tersuspensi dan mempersiapkan air untuk tahap-tahap pengolahan selanjutnya, seperti sedimentasi atau filtrasi.

3. Sedimentation

Sedimentasi adalah suatu unit operasi yang berguna untuk menghilangkan padatan tersuspensi secara gravitasi. Proses sedimentasi pada pengolahan air limbah umumnya digunakan untuk menghilangkan padatan tersuspensi sebelum dilakukan proses pengolahan selanjutnya. Unit sedimentasi efektif untuk mengurangi kandungan TDS (*Total Dissolved Solid*) dan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*).

Proses sedimentasi ini dipengaruhi oleh gaya gravitasi

Pengendalian dan Pengelolaan Limbah Industri



berdasarkan perbedaan partikel yang tersuspensi dengan larutannya. Padatan yang terbentuk akan terus menggumpal menjadi gumpalan yang lebih besar dalam proses flokulasi.

Teknologi pengolahan secara fisika melalui sedimentasi mengacu pada proses penghilangan partikel-padatan dari cairan dengan memanfaatkan gaya gravitasi untuk memisahkan partikel tersebut dari medium cairannya. Beberapa teknologi yang umum digunakan dalam pengolahan fisika melalui sedimentasi meliputi:

a. Sedimentasi Konvensional

Proses di mana air limbah mengalir melalui tangki sedimentasi besar, dimana partikel padatan mengendap ke dasar tangki dan air yang jernih diambil dari bagian atas untuk pengolahan lebih lanjut.

b. Sedimentasi Lamella

Teknologi ini menggunakan lamela atau pelat miring dalam tangki sedimentasi untuk meningkatkan area permukaan dan mengurangi waktu yang diperlukan untuk pengendapan. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi proses sedimentasi dan mengurangi ukuran tangki yang diperlukan.

c. Sedimentasi Flotasi

Proses ini melibatkan penggunaan gelembung udara atau gas lainnya untuk membawa partikel-padatan ke permukaan air. Proses ini efektif untuk menghilangkan partikel-padatan yang sangat kecil atau memiliki kepadatan yang mirip dengan air.

Pengendalian dan Pengelolaan Limbah Industri



d. *Clarifier*

Merupakan jenis tangki sedimentasi yang dirancang khusus untuk menghilangkan partikel tersuspensi dari air limbah atau air minum. Alat ini dilengkapi dengan mekanisme pengumpulan lumpur atau endapan yang dihasilkan selama proses sedimentasi.

e. *Desanding Hydrocyclones*

Perangkat yang menggunakan gaya sentrifugal untuk memisahkan partikel-padatan berdasarkan ukuran dan kepadatan. Umumnya digunakan untuk menghilangkan pasir dan partikel-padatan kasar dari air limbah atau air baku.



DAFTAR PUSTAKA

- Askari, H. (2015). Perkembangan pengolahan air limbah. *Carbon (TOC)*, 200(135), 1-10.
- Hendricks, D., (2011). *Fundamentals of Water Treatment Unit Processes, Physical, Chemical, and Biological*, CRC Press
- Metcalf and Eddy, (2003) *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse Fourth Edition*, Mc Graw Hills
- Rahmawati, P., & Jaji Abdurrosyid, S. T. (2014). *Pengelolaan Metode Ipal (Instalasi Pengolahan Air Limbah) Dalam Mengatasi Pencemaran Air Tanah Dan Air Sungai* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Riffat,R.,(2012).*Fundamentals of Wastewater Treatment and Engineering*, CRC Press.



PROFIL PENULIS



Laila Febrina, ST, MSi.

Lulus S1 di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Sahid pada tahun 2008, dan Lulus S2 pada Jurusan Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Indonesia pada tahun 2012. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Sahid. Mata kuliah yang di ampu antara lain Kimia, Laboratorium Lingkungan, Ekonomi Hijau, Perancangan Teknik Lingkungan, Sistem Plumbing serta Sistem Penyaluran Air Minum.

Penulis memiliki kepakaran di bidang Teknik Lingkungan. Beberapa kegiatan kepakaran sebagai tenaga ahli di bidang Teknik Lingkungan. Untuk mewujudkan karir sebagai dosen profesional, penulis juga aktif menulis dan melakukan kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Beberapa tulisan terkait artikel ilmiah telah diterbitkan di beberapa jurnal nasional terindeks dan jurnal internasional. Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat yang dilakukan oleh peneliti didanai oleh Kemeristek DIKTI. Kegiatan ini menambah cakrawala berfikir penulis terkait dengan keilmuan penulis. Keterlibatan penulis dalam buku ini harapannya dapat memberikan kontribusi positif dalam ilmu pengetahuan.