

Pendekatan Model Causal Loop Diagram (CLD) Pada Pengelolaan Air Limbah PT.Chandra Asri Petrochemical

Thomas Prastyo^{1*}, Hana Sajidah², Ismi Nabilah³, Sahrupi⁴

^{1,2,3,4}Prodi Teknik Industri, Universitas Serang Raya

Jl. Raya Cilegon Km. 5, Kota Serang, Banten 42162, Indonesia

*Penulis Korespondensi: 18916106@students.utb.ac.id

Abstract

The development of industries linked to population growth in Indonesia has led to increased waste production, particularly in terms of wastewater. This research examines the wastewater management system at PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk (CAP), emphasizing the importance of waste treatment to prevent environmental pollution and maintain ecosystem sustainability. Through literature review methods, field studies, and the utilization of a simulation model employing Causal Loop Diagrams (CLD), this study evaluates the impact of industrial wastewater management on the environment and society. The research findings identify wastewater treatment processes at CAP, including the Neutralization Pit, Oil Separator, Dust Filter, and Dust Trap, along with regular inspections to ensure that water quality meets the established standards.

Keywords: Causal Loop Diagrams, Dynamic Methods, Environmental Impact, Waste Water Quality Standards, Waste Water Treatment.

Abstrak

Penelitian ini mengkaji sistem pengelolaan air limbah di PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk (CAP), menyoroti pentingnya pengolahan limbah untuk mencegah pencemaran lingkungan dan menjaga keberlangsungan ekosistem. Melalui metode *literature review*, studi lapangan, serta penggunaan model simulasi menggunakan *Causal Loop Diagram* (CLD), penelitian ini mengevaluasi dampak pengelolaan air limbah industri terhadap lingkungan dan masyarakat. Hasil penelitian mengidentifikasi pengolahan air limbah di CAP, yang diperoleh variabel yaitu *H2SO4*, *Rain water*, *Domestic waste*, *Slop oil*, *Aqueous Waste*, *Contaminated water*. termasuk proses *Neutralization Pit*, *Oil Separator*, *Dust Filter*, dan *Dust Trap*, serta pemeriksaan rutin untuk memastikan kualitas air memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Kata kunci: Baku Mutu Air Limbah, Causal Loop Diagram, Dampak Lingkungan, Metode Dinamis, Pengolahan Air Limbah.

Pendahuluan

Seiring perkembangan zaman, jumlah populasi di seluruh dunia, termasuk Indonesia, terus meningkat. Indonesia sendiri tergolong sebagai negara dengan populasi terbesar di dunia, melebihi 305,6 juta jiwa, dan pertumbuhan populasi lebih dari satu persen. Salah satunya pada provinsi banten terdapat 7.136,5 jiwa pada saat ini (Badan Pusat Statistik dkk., 2013)

Dampaknya adalah peningkatan pembangunan industri guna memenuhi kebutuhan masyarakat Indonesia dan global. Di Indonesia, pertumbuhan industri sudah mendekati angka tujuh persen pembangunan industri ini memiliki efek positif dan negatif. Salah satu dampak negatifnya adalah peningkatan produksi limbah. Limbah ini mengganggu aliran proses di dalam

industri dan umumnya dibuang ke lingkungan. Sebelum dibuang, limbah harus diolah dengan benar untuk mencegah kerusakan ekosistem sekitar akibat pencemaran dan untuk menjaga kesejahteraan masyarakat (Askari, 2015).

limbah yang dihasilkan oleh suatu usaha atau kegiatan dapat dikelompokkan ke dalam empat jenis, yaitu limbah cair, limbah padat, gas, dan suara. Terutama untuk limbah cair, disebutkan bahwa setiap perusahaan atau kegiatan yang menghasilkan air limbah wajib melakukan pengelolaan air limbahnya, baik secara *independen* maupun secara terintegrasi, sesuai dengan penelitian (Dinda Arba Fauzia & Frency Siska, 2022). Pengolahan limbah tersebut khususnya di Provinsi Banten dalam Peraturan Daerah Provinsi Banten Nomor 3 Tahun 2019 Tentang Pengembangan Pengelolaan Dan Pengendalian Pencemaran Air Limbah Domestik Regional, bahwa Air Limbah yang dihasilkan dari proses produksi industri dan aktivitas rumah sakit, pemukiman, rumah makan, perhotelan, perkantoran, pasar, apartemen, dan asrama berpotensi mencemari lingkungan sehingga perlu dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke sumber air harus memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) maupun memiliki operator dan penanggung jawab Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Limbah merupakan masalah umum dalam industri, pembuangan limbah tanpa pengolahan akan sangat mencemari lingkungan. Tingkat pencemaran air limbah bervariasi tergantung pada jenis industri dan ukurannya. Industri kimia adalah salah satu industri yang berpotensi menghasilkan air limbah (Rimantho, 2019). Air limbah merupakan hasil buangan yang dihasilkan baik dari proses produksi industri maupun rumah tangga (*domestic*), (Wahyudi, 2022).

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, air limbah adalah sisa cairan dari aktivitas atau kegiatan yang dibuang

dan umumnya mengandung bahan yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup (Simbolon & Munandar, t.t.). *Ehless* dan *Steel* yang dikutip dalam Chandra (2006) mendefinisikan air limbah sebagai cairan sisa dari rumah tangga, industri, dan tempat umum lainnya yang mengandung bahan berbahaya bagi manusia dan merusak lingkungan.

Menurut (E. Wirijadinata & Afriany, 2017), atau *Causal Loop Diagram*, merupakan representasi visual yang mengungkapkan efek hubungan antar peristiwa dalam bahasa gambar khusus. Dalam diagram ini, unsur-unsur dihubungkan oleh anak panah yang membentuk lingkaran sebab akibat, dimana ujung anak panah menunjukkan akibat dan bagian atas anak panah menunjukkan sebab. Baik sebab maupun akibat, atau bahkan salah satunya, tidak selalu mengacu pada keadaan yang dapat diukur. Ukuran ini bisa bersifat kualitatif, yang mencerminkan keadaan yang dirasakan, atau kuantitatif, yang mencerminkan keadaan nyata atau aktual.

Causal Loop Diagram (CLD) adalah representasi grafis yang terdiri dari variabel-variabel yang dihubungkan oleh panah, yang mencerminkan hubungan sebab-akibat antara variabel-variabel tersebut. Setiap hubungan sebab akibat diwakili oleh garis dengan mata panah yang menghubungkan variabel-variabel dan memiliki polaritas yang dapat berupa positif (+) atau negatif (-). Polaritas ini menunjukkan arah perubahan suatu variabel berdasarkan perubahan variabel *independen* lainnya (Purnamasari dkk., 2023).

Menurut (Aryani, 2022), *Causal Loop Diagram* (CLD) merupakan diagram grafik yang menggambarkan suatu struktur untuk menunjukkan hubungan dinamis antar variabel. Setiap hubungan sebab akibat pada diagram ini mempunyai polaritas, bisa positif (+) atau negatif (-), sebagai gambaran visual perubahan variabel bebas terhadap variabel terikat. Terbentuknya loop pada

diagram ini merupakan tanda adanya umpan balik antar variabel, yang terdiri dari umpan balik positif yang memperkuat (*reinforcing*) dan umpan balik negatif yang menyeimbangkan (*balancing*).

Model (CLD) *Causal Loop Diagram* merupakan suatu pendekatan yang berfokus pada hubungan sebab-akibat antar variabel atau komponen dalam suatu sistem. Dalam model ini, hubungan antar komponen sistem dijelaskan melalui diagram berbentuk garis lengkung dengan ujung panah yang menghubungkan komponen sistem satu dengan komponen sistem lainnya. Pada ujung anak panah terdapat tanda positif (S) dan negatif (O) yang menunjukkan arah hubungan. Tanda panah positif (S) mencerminkan hubungan sebab-akibat yang positif, dimana perubahan pada satu variabel akan mengakibatkan perubahan ke arah yang lain. Sebaliknya tanda panah negatif (O) menunjukkan hubungan sebab akibat yang negatif, dimana perubahan pada satu variabel akan menyebabkan perubahan berlawanan arah pada variabel lainnya. Diagram ini menciptakan representasi visual yang dinamis, menggambarkan bagaimana variabel dalam suatu sistem mempengaruhi satu sama lain secara dinamis sepanjang waktu, (Abdullah, 2018).

Penggunaan model *Causal Loop Diagram* (CLD) yang merupakan model sistem dinamis lebih tepat dibandingkan model input-proses-output yang umumnya digunakan dalam proses penyelesaian masalah. Melalui model CLD, seluruh komponen atau variabel yang terlibat dalam suatu sistem, baik internal maupun eksternal, dapat diidentifikasi. Model CLD menjelaskan hubungan yang saling berhubungan antar variabel dalam suatu sistem. CLD sangat berguna untuk menganalisis masalah sebab-akibat antar elemen yang terdapat dalam suatu *loop* tertentu, termasuk pengaruh faktor suatu elemen terhadap elemen lainnya, baik dalam arah yang sama maupun dalam arah yang berlawanan, (Abdullah, 2018).

Causal Loop Diagram (CLD) merupakan teknik visualisasi untuk mengidentifikasi akar permasalahan melalui hubungan timbal balik. Pada *Causal Loop Diagram* yang terbentuk, kita dapat mengetahui variabel-variabel kunci penyebab permasalahan. Dengan cara ini, kita dapat merancang *intervensi strategis* untuk mengurangi dampak atau bahkan mencegah dampak permasalahan di masa depan, (Aryani, 2022).

Pada *Causal Loop Diagram* (CLD), anak panah ini dapat membentuk lingkaran tertutup bertanda R (*reinforcing*) dan bertanda B (*balancing*). Tanda R menunjukkan hubungan yang saling menguat atau melemah, artinya perubahan suatu variabel akan memperkuat atau meningkatkan pengaruhnya terhadap variabel lain dalam lingkaran tersebut. Sedangkan tanda B menunjukkan adanya hubungan yang saling seimbang, dimana perubahan salah satu variabel akan menimbulkan reaksi yang berlawanan arah untuk menjaga keseimbangan sistem.

Menurut (Aryani & Siallagan, 2021), *Causal Loop Diagram* (CLD) menggambarkan struktur yang digunakan untuk memahami interaksi dinamis antar variabel. Dalam CLD, dua variabel atau lebih disatukan oleh suatu hubungan berbentuk panah. Komponen dalam *feedback loop* terdiri dari variabel dan kelengkapan. Struktur CLD dapat digunakan untuk menyatukan peristiwa-peristiwa untuk mengatasi permasalahan yang muncul. CLD juga menampilkan pola kejadian yang berguna dalam proses perencanaan. Sebuah organisasi dapat menggunakan deteksi pola ini untuk menemukan peristiwa terkini dalam konteks peristiwa serupa lainnya. Fokusnya beralih dari peristiwa spesifik ke analisis tentang bagaimana rangkaian peristiwa saling berhubungan dan penyebabnya.

Penelitian ini dilakukan untuk meneliti sistem pengelolaan air limbah di PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk (CAP) serta dapat menggunakan *Causal Loop Diagram* (CLD), kita dapat mengidentifikasi faktor-faktor atau

variabel-variabel yang terlibat atau berkaitan dengan masalah yang sedang dihadapi dan dapat mengatasi dampak masalah yang di akibatkan dari pembuangan air limbah jika tidak sesuai baku mutu atau batas ambang yang ditentukan. Sebelumnya, PT.CAP telah melakukan kajian lingkungan hidup yang dituangkan dalam Izin Lingkungan Nomor 570/37/ILH.BKPMPT/XII/2016 yang memuat perubahan atas Keputusan Direktur Jenderal Nomor 570/06.ILH.BKPMPT/IV/2015 perihal penerbitan izin lingkungan atas rencana PT Chandra Asri Petrochemical, Tbk untuk meningkatkan kapasitas produksi, (Chandra Asri Petrochemical, 2022).

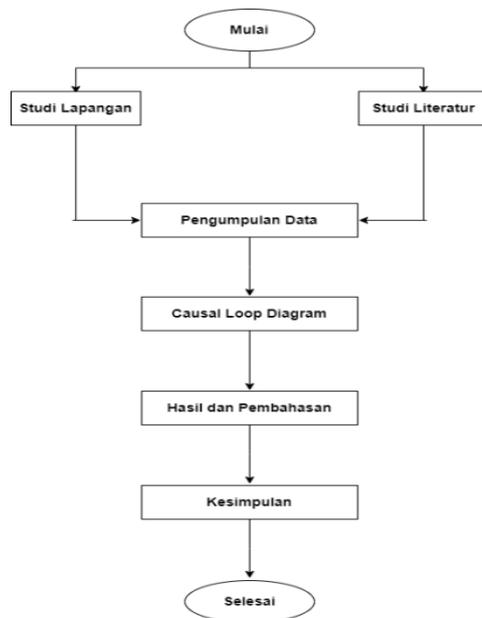
Dalam penelitian ini metode yang digunakan yaitu studi literature dan studi lapangan, sehingga mendapatkan data primer dan sekunder sebagai berikut:

Tabel 1. Data Hasil Observasi

Data Primer	Data Sekunder
<i>Aqueous Waste</i>	Gangguan Biota Air
<i>H2SO4</i>	Gangguan Kesehatan
<i>Rain Water</i>	Pencemaran Air
<i>Domestic Waste</i>	Bersih
<i>Slop Oil</i>	Penyerapan
<i>Contaminated Water</i>	Pupuk Organik

Sumber: Hasil Observasi, 2023

Metodologi Penelitian



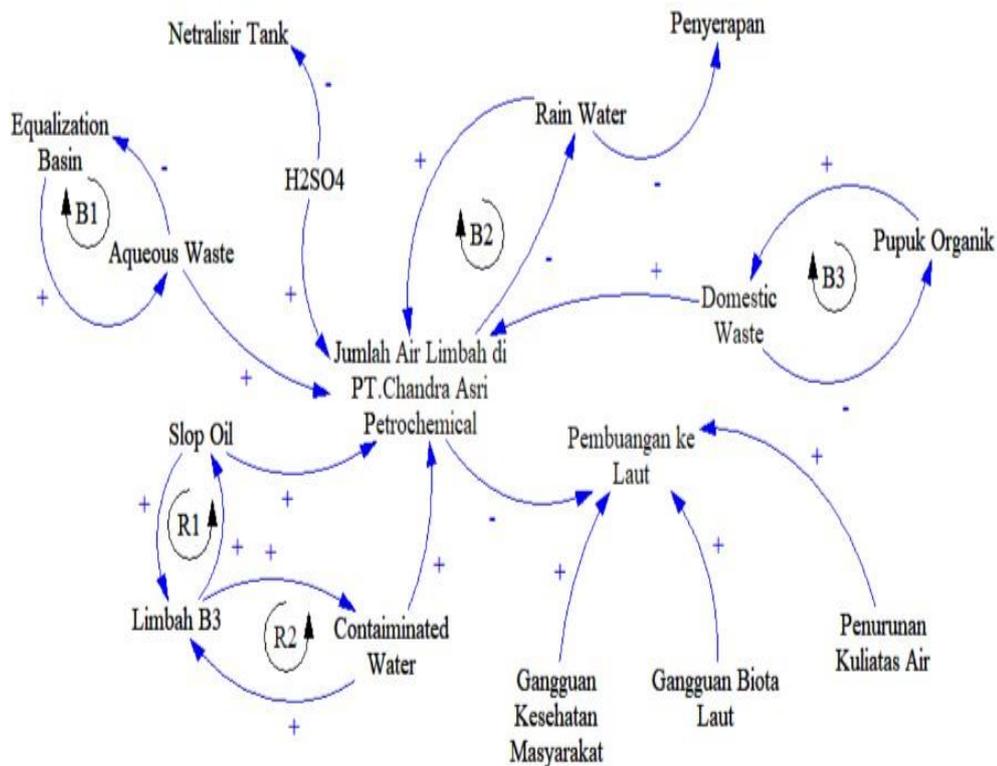
Gambar 1 Diagram Alir Penenilaian

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Data primer didapatkan dari hasil observasi di PT.Chandra Asri Petrochemical. Sedangkan data sekunder didapatkan melalui studi literature *review* melalui Addendum II Analisis Dampak Lingkungan Hidup (ANDAL), Rencana Pengelolaan Lingkungan Hidup (RKL), dan Rencana Pemantauan Lingkungan Hidup (RPL) PT.Chandra Asri Petrochemical, serta *database* lainnya.

Pengolahan data dilakukan dengan cara membuat program/model simulasi menggunakan *Causal Loop Diagram* (CLD). Selanjutnya, dilakukan proses *verifikasi* untuk memastikan kecocokan data yang diterapkan dalam model dengan system yang diamati, dan dilakukan validasi untuk menilai sejauh mana model yang telah dibuat mencerminkan realitas atau system yang diamati.

Hasil dan Pembahasan



Gambar 2 Causal Loop Diagram Air limbah

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Berdasarkan gambar *Causal Loop Diagram* (CLD) air limbah diatas, hasil menunjukkan sebagai berikut:

1. Ditemukan dua simpal penguat (*reinforcing*) yaitu *feedbackloop* positif dan tiga simpal penyeimbang (*Balancing*) yaitu *feedbackloop* negatif.
2. Dalam CLD-B1 dijelaskan bahwa limbah berair (*Aqueous waste*) yang diperoleh dari *Equalization basin* dapat berpengaruh terhadap penambahan jumlah air limbah di PT.Chandra Asri Petrochemical.
3. Dalam CLD-B2 dijelaskan bahwa air hujan (*Rain water*) berpengaruh terhadap jumlah bertambahnya air limbah tetapi tidak terhadap penyerapan air sehingga ketika hujan peningkatan dari air limbah semakin tinggi.
4. Dalam CLD-B3 dijelaskan bahwa untuk pengurangan limbah *domestic* (*domestic waste*) dapat dijadikan
5. sebagai pupuk organik cair dari larutan hasil pembusukan bahan-bahan organik yang berasal dari sisa tanaman, kotoran hewan, dan manusia yang kandungan unsur haranya lebih dari satu unsur sehingga dapat berkurangnya limbah *domestic*, *domestic waste* dapat memicu bertambahnya jumlah air limbah di PT.Chandra Asri Petrochemical.
6. Dalam CLD-R1 Dan R2 dijelaskan bahwa *slop oil* dan limbah B3 dapat mempengaruhi bertambahnya jumlah air limbah dan berpengaruh terhadap kontiminasi air.
7. Variabel pembuangan ke laut : Air limbah yang langsung dibuang kelaut dapat mencemari air laut yang menyebabkan beberapa gangguan seperti, kesehatan masyarat, gangguan biota laut, dan penurunan kualitas air.
8. Variabel *H2SO4* : dijelaskan bahwa Asam sulfat dapat digunakan sebagai

netralisir tank karena dapat menghilangkan oksidasi, karat dan kerak air sehingga H_2SO_4 berperan terhadap tank yang digunakan dalam penampungan air limbah.

Berdasarkan data dan hasil observasi, jumlah air limbah yang dihasilkan saat ini sebanyak 14 ton/jam. Air limbah yang dibuang ke laut harus melalui proses lubang netralisasi untuk menetralkan air limbah daur ulang di unit penukar *anion/kation*, dan air limbah daur ulang cenderung bersifat asam. Kemudian dinetralkan dengan menambahkan larutan basa ($NaOH$) hingga mencapai kisaran pH 6,5 hingga 8,5 sebelum dibuang dari area pengolahan ke saluran pembuangan limbah ke laut. Alat ini dilengkapi dengan indikator pH di lapangan dan pada panel kendali.

Oil separator digunakan untuk memisahkan minyak dan air dengan cara mengumpulkan minyak pada permukaan air menggunakan *oil skimmer* dan segera membuang air ke saluran pembuangan. Minyak yang dikumpulkan oleh *skimmer* minyak dikirim ke tangki pemulihan minyak dan dipompa secara berkala ke dalam tong. Minyak ini dikirim ke perusahaan pengolahan minyak kotor berlisensi. Sebaliknya, air dialirkan langsung dari area pengolahan ke laut melalui saluran-saluran yang terhubung dengan air limbah.

Penyaring debu dan perangkap debu untuk mengumpulkan debu *polimer* (serat dari potongan pelet asli) yang terbawa air dari unit *granulasi* (tangki PCW luapan). Untuk mencegah debu terbawa arus air di saluran air, dipasang beberapa filter dan dibersihkan secara manual secara rutin. *Polimer* debu yang diperoleh kembali dikirim ke gudang produk sebagai produk berkualitas rendah.

Kualitas air limbah yang dibuang ke badan air diuji setiap hari untuk memastikan kualitas air limbah memenuhi baku mutu air limbah. Mematuhi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia

No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan terhadap sistem pengelolaan air limbah menggunakan *Causal Loop Diagram* (CLD) PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk (CAP) di Cilegon, Banten, Dalam penelitian ini metode yang digunakan yaitu studi literature dan studi lapangan, sedangkan pengolahan data dilakukan dengan cara membuat program/model simulasi menggunakan *Causal Loop Diagram* (CLD). Berdasarkan gambar *Causal Loop Diagram* (CLD) Variabel yang didapat dari penelitian ini yaitu, *Aqueous Waste, H2SO4, Rain Water, Domestic Waste, Slop Oil, Contaminated Water* sebagai variabel utama air limbah. Variabel selanjutnya yaitu gangguan pada kesehatan masyarakat, gangguan pada biota laut, dan pencemaran air bersih itu akibat dari pembuangan air limbah ke laut.

Dalam *Causal Loop Diagram* (CLD) ditemukan dua simpal penguat (*reinforcing*) yaitu *feedbackloop* positif dan tiga simpal penyeimbang (*Balancing*) yaitu *feedbackloop* negatif. Dampak dari pengelolaan air limbah yang tidak sesuai baku mutu dapat merusak biota laut, kesehatan masyarakat, dan pencemaran air bersih karena penurunan dari kualitas air yang disebabkan oleh air limbah. Sebelum melakukan pembuangan air limbah PT.Chandra Asri Petrochemical (CAP) melakukan pengontrolan pH kisaran 6,5 hingga 8,5 sebelum melakukan pembuangan ke laut setiap 14ton/jamnya. Alat ini dilengkapi dengan indikator pH di lapangan dan pada panel kendali.

Limbah dari industri tersebut harus diolah dan dikelola dengan baik untuk mencegah pencemaran lingkungan dan menjaga kesejahteraan masyarakat. Pengolahan air limbah di CAP melalui beberapa unit seperti *Neutralization Pit, Oil Separator, Dust Filter, dan Dust Trap*, serta dilakukan pemeriksaan kualitas air setiap hari untuk memastikan memenuhi baku mutu yang telah

ditetapkan oleh peraturan menteri lingkungan hidup Republik Indonesia nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah dan praturan daerah provinsi banten nomor 3 tahun 2019.

Daftar Pustaka

- Abdullah, A. H. (2018). Pendekatan Analisis Sistem Causal Loop Diagram (ClD) dalam Memahami upaya Pemerintah Meningkatkan Akses Masyarakat terhadap Pendidikan Tinggi yang Berkualitas. *Jurnal Ilmiah Iqra'*, 5(2). <https://doi.org/10.30984/jii.v5i2.573>
- Aryani, R. P. (2022). Causal Loop Diagram Kepuasan Pelanggan terhadap Layanan Publik: Studi Kasus Direktorat Registrasi Pangan Olahan, BPOM. *Eruditio : Indonesia Journal of Food and Drug Safety*, 2(2), 56–72. <https://doi.org/10.54384/eruditio.v2i2.144>
- Aryani, R. P., & Siallagan, M. (2021). Causal Loop Diagram for Better Understanding of Customer Satisfaction in The Indonesian Public Service. *Journal of International Conference Proceedings*, 4(2). <https://doi.org/10.32535/jicp.v4i2.1228>
- Askari, H. (2015). *Perkembangan Pengolahan Air Limbah*.
- Atima, W. (2015). BOD DAN COD SEBAGAI PARAMETER PENCEMARAN AIR DAN BAKU MUTU AIR LIMBAH. *Biosel: Biology Science and Education*, 4(1), 83. <https://doi.org/10.33477/bs.v4i1.532>
- Badan Pusat Statistik, Kementrian PPN/Bappenas, & United Nation Population Fund. (2013). Katalog BPS: 2101018. Dalam *Badan Pusat Statistik*.
- Chandra Asri Petrochemical. (2022). Sustainability Report PT Chandra Asri Petrochemical Tbk.
- Dewi, Y. K., Pratiwi, N., & Jinca, M. Y. (2020). Konsep Pengelolaan Air Limbah Kawasan Industri Makassar (KIMA). *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 24(1), 1–10. <https://doi.org/10.25042/jpe.052020.01>
- Dinar Pramestie, I. S., & Wilujeng, S. A. (2023). Evaluasi Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di PT XYZ. *Jurnal Teknik ITS*, 12(2), B95–B102. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v12i2.120730>
- E. Wirijadinata, J., & Afriany, D. (2017). ANALISIS PENINGKATAN KUALITAS PELAYANAN IZIN USAHA PERDAGANGAN DENGAN MENGGUNAKAN CAUSAL LOOP DIAGRAM (CLD). *Jurnal Ilmu Administrasi: Media Pengembangan Ilmu dan Praktek Administrasi*, 14(2), 151–166. <https://doi.org/10.31113/jia.v14i2.110>
- Hardiansyah, R., Afiuddin, A. E., & Hasin, M. K. (t.t.). *Perancangan dan Pembuatan Sistem Informasi Penyimpanan Data Limbah B3 Menggunakan Metode Personal Extreme Programming (PXP) di Industri Asam Fosfat*. 2623.
- Otofiani, N. (t.t.). *TINJAUAN ULANG KAPASITAS LIMBAH AIR KOTOR PADA TANGKI SEPTIK DI RUSUNAWA POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS*.
- Purnamasari, R., Khoiri, M., Zuhdy, A. Y., & Fauzi, A. (2023). *PREDIKSI KINERJA PROYEK KONSTRUKSI DENGAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIK*. 4.
- Rimantho, D. (2019). ANALISIS KAPABILITAS PROSES UNTUK PENGENDALIAN KUALITAS AIR LIMBAH DI INDUSTRI FARMASI. *Jurnal Teknologi*, 11(1).
- Sami, M., & Razi, M. (2022). *Pemanfaatan Limbah Domestik Menjadi Pupuk*

- Organik Cair Bagi Masyarakat Gampong Alue Lim Kecamatan Blang Mangat Kota Lhokseumawe.*
- Simbolon, A., & Munandar, A. (t.t.). *Analisis Pengelolaan Limbah Berbahaya Dan Beracun.*
- State Polytechnic of Jember, & Susmiati, Y. (2018). The Prospect of Bioethanol Production from Agricultural Waste and Organic Waste. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 7(2), 67–80. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2018.007.02.1>
- Tamandita, A. R., & Novembrianto, R. (2023). *Kajian Pengelolaan Limbah Domestik dan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) PT X Adisty Regina Tamandita, Rizka Novembrianto.* 2(3).
- Utami, K. T., & Syafrudin, S. (2018). PENGELOLAAN LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN (B3) STUDI KASUSPT. HOLCIM INDONESIA, TBK NAROGONG PLANT. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(2), 127. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v15i2.127-132>
- Wahyudi, A. (2022). Mengenal Lebih Jauh tentang IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) Komunal di Kabupaten Lampung Timur. *Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP)*, 2(1). <https://doi.org/10.23960/snip.v2i1.27>