

**DAMPAK KEGIATAN ANTROPOGENIK DI DAERAH ALIRAN SUNGAI
(DAS) YAHIM DAN KURUWAKA TERHADAP KUALITAS PERAIRAN
DANAU SENTANI DI DISTRIK SENTANI**

**THE IMPACT OF ANTHROPOGENIC ACTIVITIES IN THE YAHIM AND KURUWAKA
RIVER WATERSHED AREA ON THE WATER QUALITY OF SENTANI LAKE IN
SENTANI DISTRICT**

Markus Budi Adi*, Auldry F Walukow, Janviter Manalu

Program Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Universitas Cenderawasih
Kota Jayapura, Indonesia

*Email: budiadi@yahoo.co.id

ABSTRAK

Peningkatan jumlah penduduk di Distrik Sentani berdampak pada peningkatan pemenuhan kebutuhan lahan untuk permukiman dan pertanian serta mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas perairan Danau Sentani karena erosi dan sedimentasi serta karena pencemaran air. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kegiatan-kegiatan antropogenik di DAS Yahim dan DAS Kuruwaka dan mengevaluasi keterkaitan kegiatan antropogenik dengan kualitas perairan danau. Data pada penelitian ini diperoleh lewat identifikasi lapangan dan studi literatur. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan kegiatan antropogenik di wilayah penelitian dan analisis dengan diagram sebab akibat (Causal Loop Diagrams) untuk menggambarkan keterkaitan kegiatan antropogenik dengan kualitas air danau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kegiatan antropogenik di wilayah penelitian terdiri dari: permukiman, perdagangan, jasa/perkantoran, tempat peribadatan, pendidikan, pasar, pertokoan, restoran, warung makan, pedagang kaki lima, fasilitas kesehatan (Puskesmas, klinik), bengkel, penambangan batuan, peternakan skala rumah tangga (ternak babi dan sapi), tempat pembuangan sampah dan industri rumah tangga. Kegiatan antropogenik tersebut memberikan dampak berupa erosi, sedimentasi, limbah padat dan limbah cair sebagai sumber pencemaran air, yang terkait erat dengan kualitas air Danau Sentani.

Kata Kunci: Danau Sentani, Diagram Sebab-Akibat, Kegiatan Antropogenik, Kualitas Air

ABSTRACT

The increase in population in Sentani District has an impact on increasing the need for land for settlement and agriculture and has resulted in a decline in the water quality of Lake Sentani due to erosion and sedimentation as well as water pollution. This research aims to identify anthropogenic activities in the Yahim watershed and Kuruwaka watershed and evaluate the relationship between anthropogenic activities and lake water quality. The data in this research was obtained through field identification and literature study. Descriptive analysis is used to describe anthropogenic activities in the research area and analysis with causal loop diagrams to describe the relationship between anthropogenic activities and lake water quality. The research results show that anthropogenic activities in the research area consist of: settlements, trade, services/offices, places of worship, education, markets, shops, restaurants, food stalls, street vendors, health facilities (health centers, clinics), workshops, rock mining, household scale farming (pigs and cattle), rubbish dumps and home industries. These anthropogenic activities have impacts in the form of erosion, sedimentation, solid waste and liquid waste as sources of water pollution, which are closely related to the water quality of Lake Sentani.

Keywords: Lake Sentani, Causal Loop Diagrams, Anthropogenic Activities, Water Quality

I. PENDAHULUAN

Distrik Sentani berada di antara Pegunungan Cycloop dan Danau Sentani yang berbatasan dengan Distrik Sentani Timur di sebelah Timur, Distrik Ebungfauw di sebelah Selatan, Distrik Waibu di sebelah Barat dan Pegunungan Cycloop di sebelah Utara dengan luas wilayah 79,8 Km² (BPS Kabupaten Jayapura, 2023). Berdasarkan proyeksi BPS Kabupaten Jayapura, Kota Sentani sebagai Ibu Kota Kabupaten Jayapura memiliki jumlah penduduk yang cukup besar, mencapai 84.725 orang dengan kepadatan penduduk 375 per Km². Kepadatan penduduk yang tinggi akan menyebabkan sempitnya ruang gerak di suatu daerah dan dapat mengganggu ekosistem karena akan meningkatkan eksploitasi lingkungannya (Akhirul, 2020). Semakin banyak jumlah penduduk maka kegiatan antropogenik akan meningkat sehingga pemanfaatan sumber daya yang tersedia di Distrik Sentani yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari seperti kebutuhan akan pangan, papan dan kebutuhan lainnya, akan meningkat juga.

Selain memberikan manfaat bagi pemenuhan kebutuhan penduduk, kegiatan-kegiatan antropogenik juga menghasilkan limbah baik berupa limbah padat, limbah cair maupun gas. Limbah yang dihasilkan akan bermuara di Danau Sentani sebagai satu-satunya penampung air sungai di Distrik Sentani. Danau Sentani memiliki berbagai fungsi seperti fungsi: ekologi, ekonomi, pariwisata dan transportasi, namun telah mengalami kerusakan dan pencemaran karena aktivitas di Daerah Tangkapan Air (DTA) danau atau kegiatan antropogenik. Berdasarkan fungsi dan ancaman yang dialami maka Danau Sentani telah ditetapkan menjadi salah satu danau prioritas di Indonesia (Presiden RI, 2021).

Permasalahan di Danau Sentani saat ini adalah terjadinya penurunan kualitas air yang disebabkan oleh erosi dan sedimentasi

(Walukow, 2011), pencemaran karena aktivitas domestik (Ohee & Keiluhu, 2020), penurunan kualitas perairan Danau Sentani yang disebabkan oleh limbah domestik dan pencemaran secara alamiah serta erosi dari DAS Sentani (Prasetya & Walukow, 2021; Morin dkk, 2023). Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa pertumbuhan penduduk menjadi salah satu penyebab terjadinya penurunan kualitas lingkungan. Hal ini juga diungkapkan oleh Soeprobowati dkk (2020) yang menyatakan bahwa kegiatan antropogenik seperti budidaya perikanan, peningkatan populasi penduduk, urbanisasi dan modernisasi menimbulkan masalah terutama pembuangan limbah ke dalam perairan yang menyebabkan penurunan kualitas air danau. Menurut Corsita dkk (2022), sebagian masyarakat di pinggiran danau masih ada yang membuang limbah di danau sehingga menjadi penyebab turunnya kualitas air danau.

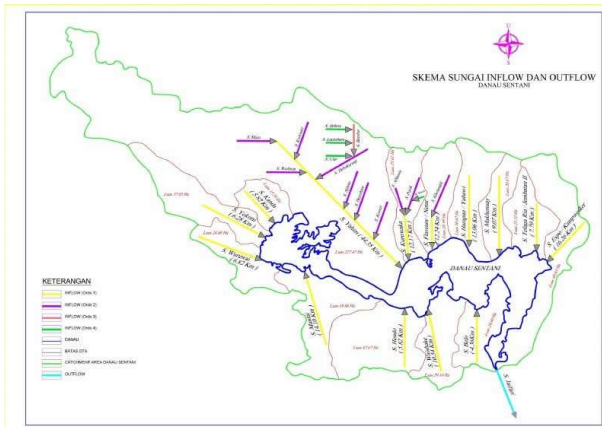
Permasalahan yang terjadi di Danau Sentani tidak terlepas dari adanya dampak kegiatan antropogenik yang ada di daerah hulu, tengah maupun hilir Daerah Aliran Sungai (DAS) yang mengalirkan air masuk ke dalam danau. Untuk mengetahui mata rantai permasalahan Danau Sentani maka perlu dilakukan pemodelan keterkaitan antara kegiatan antropogenik dan kualitas air Danau Sentani dengan menggunakan diagram sebab-akibat (Causal Loop Diagrams). Tujuan dari penelitian ini adalah menginventarisir kegiatan antropogenik dan mengevaluasi dampaknya terhadap kualitas air Danau Sentani pada wilayah di mana Sungai Yahim dan Sungai Kuruwaka bermuara (kawasan Pantai Yahim).

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif kualitatif, dengan menganalisis data berupa data primer dari identifikasi kegiatan-kegiatan antropogenik di DAS Sungai Yahim dan DAS Sungai Kuruwaka

serta data sekunder dari studi pustaka. Untuk menggambarkan hubungan antara kegiatan antropogenik di DAS Yahim dan DAS Kuruwaka terhadap kualitas perairan Pantai Yahim di Danau Sentani digunakan model Causal Loop Diagrams (CLD).

Lokasi penelitian dikelompokkan menjadi 3 segmen, yaitu segmen pertama pada bagian hulu sungai dengan batas Jalan Lingkar Utara Sentani ke arah Pegunungan Cycloop, segmen kedua pada bagian tengah dibatasi mulai dari Jalan Lingkar Utara sampai jarak kurang lebih 1 km dari pantai danau (Jalan Kehiran, Sentani) dan segmen ketiga pada bagian hilir yaitu mulai jarak 1 km dari pantai danau sampai pada batas perairan danau.



Gambar 1. Sungai-Sungai yang Bermuara di Danau Sentani

Sumber: <https://www.scribd.com/document/548318458>Nama-Sungai-Dan-Sub-Dta-Danau-Sentani>

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan Antropogenik yang Berdampak Negatif terhadap Perairan

Kegiatan antropogenik merupakan aktivitas manusia yang dapat berdampak buruk bagi masyarakat dan lingkungan (Effendi, 2003). Jenis-jenis kegiatan antropogenik yang teridentifikasi di bagian hulu lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kegiatan Antropogenik di Hulu DAS Yahim dan DAS Kuruwaka

Sungai	Bagian Sungai	Kegiatan Antropogenik
DAS Yahim	Hulu	Permukiman dan Pertanian
DAS Kuruwaka	Hulu	Permukiman dan Pertanian

Sumber: Hasil Identifikasi, 2023

Wilayah hulu DAS Yahim dan DAS Kuruwaka didominasi oleh tutupan hutan, namun demikian sebagian dari wilayah tersebut sudah dimanfaatkan untuk kegiatan antropogenik seperti pertanian dan permukiman. Kegiatan permukiman di wilayah ini berupa permukiman dengan kepadatan rendah. Hal ini sejalan dengan pendapat Pakpahan dkk (2022) yang menyatakan bahwa karakteristik di daerah hulu sungai mempunyai tipe alamiah berupa tutupan lahan, hutan dan semak belukar serta aktivitas antropogenik seperti lahan pertanian dan sawah. Kegiatan antropogenik di wilayah ini menghasilkan limbah berupa limbah padat yang dikelola secara mandiri (dibakar) dan limbah cair langsung dialirkan ke selokan. Selain menghasilkan limbah, kegiatan pembukaan lahan untuk permukiman dan pertanian berpotensi menimbulkan terjadinya erosi dan sedimentasi.

Kegiatan antropogenik yang teridentifikasi di wilayah tengah DAS Yahim dan Kuruwaka dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kegiatan Antropogenik di DAS Yahim dan DAS Kuruwaka

Sungai	Bagian Sungai	Kegiatan Antropogenik
DAS Yahim	Tengah	Permukiman, perdagangan, jasa/perkantoran, tempat peribadatan,

pendidikan, pasar, pertokoan, restoran, warung makan, pedagang kaki lima, fasilitas kesehatan (Puskesmas, klinik), bengkel, pemanfaatan batuan, peternakan skala rumah tangga (ternak babi) dan tempat pembuangan sampah

DAS Kuruwaka	Tengah	Permukiman, perdagangan, jasa/ perkantoran, tempat peribadatan, pendidikan, pertokoan, restoran, warung makan, pedagang kaki lima, fasilitas kesehatan (tempat praktek dokter), bengkel, pemanfaatan batuan dan peternakan skala rumah tangga (ternak babi), industri rumat tangga tahu-tempe
--------------	--------	---

Sumber: Hasil Identifikasi, 2023

Kegiatan antropogenik di bagian tengah lebih bervariasi, karena wilayah yang diteliti merupakan pusat Kota Sentani. Sebagian besar permukiman dapat dikelompokkan sebagai permukiman berkepadatan tinggi. Limbah yang dihasilkan dari wilayah ini berupa limbah padat, limbah cair dan gas. Limbah padat dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jayapura. Untuk limbah cair dari WC (*black water*) dikelola dengan menggunakan *septic tank*, sedangkan limbah cair dari kamar mandi, tempat cuci

tangan dan lainnya (*gray water*) langsung dibuang ke badan air tanpa pengolahan.

Kegiatan antropogenik yang teridentifikasi di bagian hilir DAS Yahim dan DAS Kuruwaka dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kegiatan Antropogenik di Hilir DAS Yahim dan DAS Kuruwaka

Sungai	Bagian Sungai	Kegiatan Antropogenik
DAS Yahim	Hilir	Perdagangan, jasa, permukiman, tempat peribadatan, pertanian, kebun sagu, peternakan (ternak babi) dan pertambangan
DAS Kuruwaka	Hilir	Perdagangan, jasa, pendidikan, tempat peribadatan, permukiman, pertanian, peternakan (babi dan sapi) dan pertambangan

Sumber: Hasil Identifikasi, 2023

Kegiatan antropogenik di bagian hilir DAS Yahim dan DAS Kuruwaka didominasi oleh permukiman berkepadatan rendah sampai tinggi. Permukiman berkepadatan rendah merupakan perumahan di kampung asli (masyarakat lokal Sentani), sedangkan permukiman berkepadatan tinggi berupa kompleks-kompleks perumahan yang dibangun oleh developer. Sebagian besar limbah padat yang dihasilkan dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jayapura. Untuk limbah cair dari WC (*black water*) dikelola dengan menggunakan *septic tank*, sedangkan limbah cair dari kamar mandi, tempat cuci tangan dan lainnya (*grey water*) sebagian besar langsung

dibuang ke drainase atau badan air tanpa adanya pengolahan.

Kegiatan antropogenik yang perlu mendapat perhatian di bagian hilir DAS adalah adanya industri rumah tangga tahu dan tempe karena limbah cair yang dihasilkan mengandung zat organik tinggi. Proses dekomposisi bahan-bahan organik pada perairan akan menghasilkan gas metana, penurunan kadar oksigen dalam air dan menghasilkan energi.

Berdasarkan hasil pengamatan, diketahui bahwa terdapat berbagai macam kegiatan antropogenik yang berada di daerah hulu, tengah maupun hilir DAS Yahim dan DAS Kuruwaka. Kegiatan-kegiatan tersebut tidak hanya memberikan dampak positif tetapi juga memberikan dampak negatif terhadap lingkungan seperti terjadinya erosi oleh karena adanya pemanfaatan lahan untuk permukiman dan pertanian di daerah hulu DAS, pencemaran badan air oleh air limbah cair dan limbah padat di daerah tengah DAS, serta pencemaran oleh limbah pertanian di daerah hilir DAS.

Menurut Mubarokah dan Hendrakusumah (2022), alih fungsi lahan atau konversi lahan ke pemanfaatan lain di luar perencanaan akan berakibat pada permasalahan lingkungan. Sejalan dengan itu Akhirul (2020) mengatakan bahwa pertumbuhan penduduk mengakibatkan peningkatan kebutuhan lahan untuk tempat tinggal, sarana penunjang kehidupan, industri, tempat pertanian, dan sebagainya. Hal ini dapat menurunkan kualitas air tanah, sampah serta degradasi dan kerusakan lingkungan. Dampak kegiatan eksploitasi hutan mengakibatkan berkurangnya peresapan air, peningkatan aliran air permukaan, perubahan struktur permukaan tanah, menimbulkan tajuk terbuka sehingga menyebabkan pengurangan terhadap perlindungan tanah, banjir dan erosi.

Selain berdampak buruk bagi kegiatan pertanian, wilayah permukiman kota di Indonesia merupakan salah satu penyumbang utama terhadap pencemaran sungai, di mana sekitar 60% sampai dengan 70% sungai tercemar oleh limbah domestik (Umar dkk, 2011). Hal ini disebabkan oleh rendahnya kesadaran masyarakat akan pentingnya

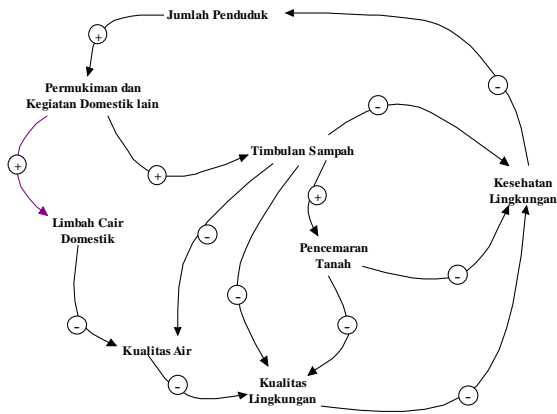
mengelola air limbah jenis *grey water* karena dianggap tidak terlalu berdampak besar dibanding air limbah jenis *black water*. Sementara itu Pratama dkk (2016) mengatakan bahwa masalah limbah padat di Indonesia merupakan masalah yang kompleks karena kurangnya pengertian masyarakat terhadap akibat-akibat yang dapat ditimbulkan oleh sampah. Perilaku membuang sampah sembarangan saat ini masih menjadi budaya dalam masyarakat.

Keterkaitan Kegiatan Antropogenik dengan Kualitas Danau Sentani

Model *Causal Loop Diagram* (CLD) merupakan suatu pendekatan yang berfokus pada hubungan sebab akibat antar variabel atau komponen dalam suatu sistem (Prastyo, 2024). Pemodelan sistem digunakan untuk melihat hubungan sebab akibat antara kegiatan antropogenik dan pengaruhnya terhadap kualitas perairan di wilayah penelitian. Hubungan sebab akibat atau CLD tersebut dapat dikembangkan dalam sub struktur model pengendalian dampak lingkungan sesuai dengan kondisi masing-masing sub wilayah penelitian.

Dampak Aktivitas Perkotaan terhadap Kualitas Air

Keterkaitan limbah dari kegiatan permukiman, perhotelan, perkantoran, pendidikan, restoran, pertokoan/supermarket dan pasar dengan kualitas air dapat digambarkan dalam model *Causal Loop Diagram* sebagai berikut:



Gambar 2. Model CLD Kegiatan Permukiman, Perhotelan, Perkantoran, Pendidikan, Restoran, Pertokoan/ Supermarket dan Pasar

Berdasarkan model CLD maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- 1) Dalam CLD terlihat bahwa jumlah penduduk akan berpengaruh terhadap permukiman, perhotelan, perkantoran, pendidikan, restoran, pertokoan/supermarket dan pasar. Semakin banyak penduduk maka jumlah permukiman, perhotelan, perkantoran, pendidikan, restoran, pertokoan/supermarket dan pasar yang diperlukan semakin bertambah.
- 2) Aktivitas pada permukiman dan lainnya akan berpengaruh terhadap jumlah limbah cair domestik dan limbah padat, semakin banyak permukiman, maka jumlah limbah cair dan limbah padat yang dihasilkan akan semakin banyak.
- 3) Limbah cair berpengaruh terhadap kualitas air, di mana semakin banyak jumlahnya maka kualitas air akan semakin menurun.
- 4) Kualitas air akan berpengaruh terhadap kualitas lingkungan, apabila kualitas air menurun maka kualitas lingkungannya akan menjadi buruk, demikian juga sebaliknya, apabila kualitas air meningkat, maka kualitas lingkungan akan meningkat juga.

- 5) Limbah padat dari kegiatan permukiman dan lainnya berpengaruh terhadap kualitas air, pencemaran tanah, kualitas lingkungan dan kesehatan lingkungan, semakin banyak limbah padat maka kualitas perairan akan menurun dan pencemaran tanah akan meningkat. Limbah padat tersebut dapat berpengaruh langsung pada kesehatan lingkungan. Semakin banyak limbah padat maka kesehatan lingkungan makin menurun.
- 6) Kualitas lingkungan berpengaruh terhadap kesehatan lingkungan, apabila kualitas lingkungan menurun maka kesehatan lingkungan akan menurun sehingga mengganggu peningkatan jumlah penduduk.

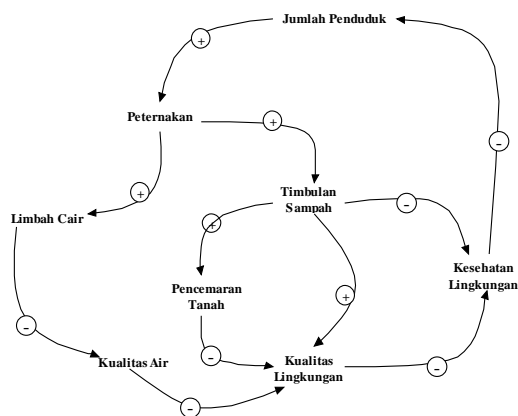
Kegiatan permukiman, perhotelan, perkantoran, pendidikan, restoran, pertokoan/supermarket dan pasar di wilayah penelitian menghasilkan limbah cair *black water* dan *grey water*. Limbah *black water* dikelola dengan menggunakan *septic tank*, sedangkan limbah *grey water* langsung dibuang ke saluran drainase umum. Limbah padat yang dihasilkan sebagian dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Jayapura, namun sebagian limbah padat masih dibuang tidak pada tempat yang sudah disediakan. Menurut Mallongi (2017), limbah cair domestik dapat mengakibatkan pencemaran air sedangkan limbah padat berpotensi mengganggu estetika dan mengakibatkan terjadinya pencemaran tanah sehingga kualitas lingkungan akan menurun dan dapat mengganggu keseimbangan ekologi alam. Upaya untuk mengendalikan dampak tersebut antara lain pengelolaan terhadap timbulan limbah cair dan limbah padat seperti penyediaan IPAL, TPS 3R dan pemanfaatan sampah yang masih memiliki nilai ekonomis.

Dampak Kegiatan Peternakan terhadap Kualitas Air

Peternakan adalah kegiatan mengembangbiakkan dan pemeliharaan hewan ternak untuk mendapatkan manfaat dan hasil

dari kegiatan tersebut seperti penyediaan produk protein hewani dan bahan baku industri, sedangkan dampak negatif yang ditimbulkan adalah timbulan limbah padat dan limbah cair. Peternakan di wilayah penelitian sebagian besar berupa ternak babi dan ternak sapi. Menurut Mallongi (2017), limbah padat dari kegiatan peternakan sebagian besar berupa limbah organik yang dapat terurai secara alami, namun demikian apabila tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan pencemaran tanah, pembusukan akan menimbulkan bau, dan tumpukan limbah akan menjadi tempat berkembangnya vektor penyakit sehingga dapat menurunkan kualitas lingkungan.

Keterkaitan limbah dari peternakan dapat digambarkan dalam Model *Causal Loop Diagram* sebagai berikut:



Gambar 3. Model CLD Kegiatan Peternakan

Berdasarkan model CLD maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- 1) Dalam CLD terlihat bahwa jumlah penduduk akan berpengaruh terhadap peternakan. Semakin banyak penduduk maka jumlah peternakan yang dibutuhkan semakin bertambah.
- 2) Kegiatan peternakan akan berpengaruh terhadap jumlah limbah cair dan limbah padat yang dihasilkan, semakin banyak jumlah ternak maka limbah cair dan limbah padat yang dihasilkan juga akan semakin banyak.

- 3) Limbah cair dari kegiatan peternakan berpengaruh terhadap kualitas air, dimana semakin banyak jumlah limbahnya maka kualitas air akan semakin menurun.
- 4) Kualitas air berpengaruh terhadap kualitas lingkungan, apabila kualitas air menurun maka kualitas lingkungannya akan menjadi buruk.
- 5) Limbah padat dari kegiatan peternakan berpengaruh terhadap pencemaran tanah, kualitas lingkungan dan kesehatan lingkungan. Semakin banyak limbah padat maka pencemaran tanah akan meningkat dan mengganggu kesehatan lingkungan. Semakin banyak limbah padat maka kesehatan lingkungan makin menurun.
- 6) Kualitas lingkungan berpengaruh terhadap kesehatan lingkungan, apabila kualitas lingkungan menurun maka kesehatan lingkungan akan menurun sehingga akan menghambat pertumbuhan jumlah penduduk.

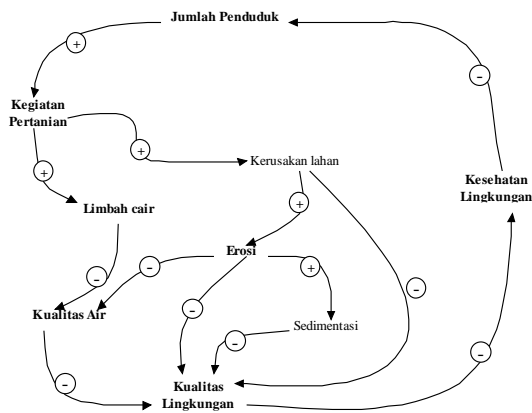
Menurut Firdaus (2009, dalam Wea dkk, 2017), peternakan babi memiliki potensi pencemaran lingkungan udara dan air yang berasal dari kotoran (feses dan urine), ceceran pakan dan minum babi serta air cucian sehingga dapat menyebabkan penurunan kesehatan masyarakat. Hal ini sesuai dengan pendapat Triatmojo dkk (2015, dalam Denggo dkk, 2020) yang menyatakan bahwa limbah ternak yang tidak ditangani secara serius akan mengakibatkan pencemaran lingkungan baik air, tanah, maupun udara sehingga akan berbahaya bagi manusia, ternak, maupun tanaman di sekitarnya. Dampak negatif dari kegiatan peternakan perlu dikelola sehingga tidak mengakibatkan terjadinya pencemaran, misalnya dengan memanfaatkan limbah menjadi kompos atau pupuk.

Dampak Kegiatan Pertanian terhadap Kualitas Air

Pertanian merupakan sektor yang penting untuk memenuhi kebutuhan pangan manusia. Limbah cair yang dihasilkan dari aktivitas pertanian umumnya berupa sisa penggunaan

pestisida dan pupuk. Pada tingkat tertentu limbah tersebut akan mengakibatkan pencemaran air serta dapat memicu terjadi eutrofikasi dan hipoksia (Mallongi, 2017).

Keterkaitan limbah dari pertanian dapat digambarkan dalam Model *Causal Loop Diagram* sebagai berikut:



Gambar 4. Model CLD Kegiatan Pertanian

Berdasarkan model CLD maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- 1) Dalam CLD terlihat bahwa jumlah penduduk akan berpengaruh terhadap ketersediaan produk pertanian. Semakin banyak penduduk maka semakin banyak produk pertanian yang dibutuhkan, demikian sebaliknya, semakin sedikit jumlah penduduk maka kebutuhan akan produk pertanian semakin berkurang.
- 2) Kegiatan pertanian akan berpengaruh terhadap jumlah limbah cair semakin banyak pertanian, maka jumlah limbah cair akan semakin meningkat.
- 3) Limbah cair dari kegiatan pertanian pada umumnya mengandung sisa pestisida dan pupuk yang berpengaruh terhadap kualitas air, dimana semakin banyak jumlah limbahnya maka kualitas air akan semakin menurun.
- 4) Kualitas air berpengaruh terhadap kualitas lingkungan, apabila kualitas air menurun maka kualitas lingkungannya akan menurun.

- 5) Kualitas lingkungan berpengaruh terhadap kesehatan lingkungan, apabila kualitas lingkungan menurun maka kesehatan lingkungan akan turun sehingga dapat mengganggu atau menghambat pertumbuhan jumlah penduduk.

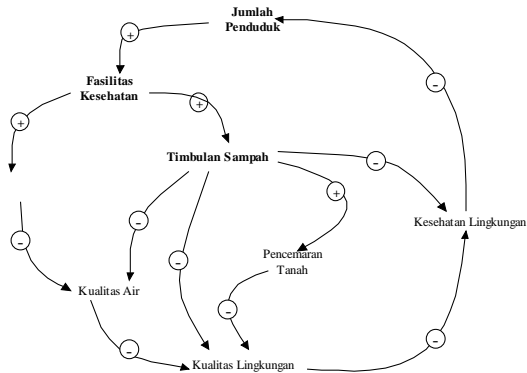
Menurut Umboh dan Rampe (2019), pestisida memiliki manfaat dalam meningkatkan produktivitas pertanian, akan tetapi penggunaannya juga menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan lingkungan dan manusia. Pestisida yang digunakan dalam pertanian sering kali mencemari sumber air permukaan dan tanah melalui aliran permukaan dan infiltrasi. Hal ini sesuai dengan pendapat Sinambela (2024) yang menyatakan bahwa pencemaran lingkungan kebanyakan disebabkan oleh penggunaan pestisida yang berlebihan sehingga dapat merusak lingkungan. Pada konsentrasi kandungan pencemar yang tinggi, limbah pertanian dapat menurunkan kesehatan masyarakat dan mengganggu keseimbangan ekologi alam (Siregar & Nasution, 2020). Adanya peningkatan penggunaan pestisida berdampak pada ketidakstabilan ekosistem, pencemaran lingkungan dan keracunan bahkan kematian pada manusia.

Dampak Kegiatan Pelayanan Kesehatan terhadap Kualitas Air

Fasilitas pelayanan kesehatan (faskes) adalah setiap sarana yang menyediakan pelayanan kesehatan, mulai dari klinik kecil hingga rumah sakit yang besar dengan fasilitas yang lengkap. Limbah faskes berasal dari aktivitas di ruang pemeriksaan, ruang operasi, ruang perawatan, ruang laboratorium, ruang laundry dan dapur. Jenis-jenis limbah yang dihasilkan seperti limbah infeksius, jaringan tubuh, benda tajam, limbah farmasi, limbah kimia, sitotoksik dan limbah radioaktif. Limbah cair rumah sakit mengandung polutan berbahaya seperti mikroorganisme (bakteri, virus), residu obat-obatan, bahan kimia laboratorium, kimia *toxic* dan bahan organik yang tidak dapat terurai (Mallongi, 2017). Air limbah rumah sakit merupakan seluruh buangan

cair dari proses kegiatan rumah sakit yang meliputi limbah domestik cair, limbah cair klinis, air limbah laboratorium dan lainnya (Waluyo, 2009).

Keterkaitan limbah dari fasilitas kesehatan dapat digambarkan dalam Model *Causal Loop Diagram* sebagai berikut:



Gambar 5. Model CLD Kegiatan Kesehatan

Berdasarkan model CLD maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- 1) Dalam CLD terlihat bahwa jumlah penduduk akan berpengaruh terhadap fasilitas kesehatan. Semakin banyak penduduk maka jumlah fasilitas kesehatan yang diperlukan semakin bertambah.
- 2) Keberadaan fasilitas kesehatan akan berpengaruh terhadap jumlah limbah cair dan limbah padat, semakin banyak fasilitas kesehatan, maka jumlah limbah cair dan limbah padat yang dihasilkan akan semakin banyak.
- 3) Limbah cair berpengaruh terhadap kualitas air, di mana semakin banyak jumlah limbahnya maka kualitas air akan semakin menurun.
- 4) Kualitas air akan berpengaruh terhadap kualitas lingkungan, apabila kualitas air menurun maka kualitas lingkungannya akan menjadi buruk, demikian juga sebaliknya, apabila kualitas air meningkat, maka kualitas lingkungan akan meningkat juga.

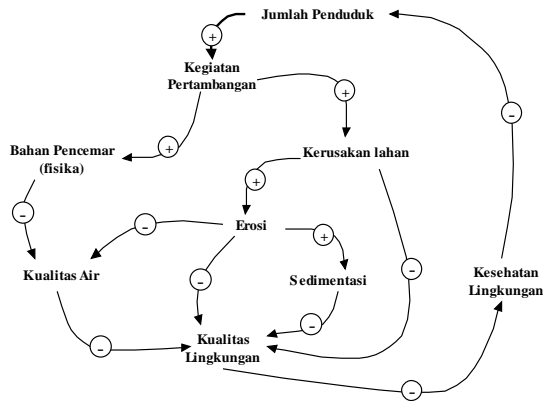
- 5) Limbah padat dari kegiatan fasilitas kesehatan berpengaruh terhadap kualitas air, pencemaran tanah, kualitas lingkungan dan kesehatan lingkungan. Semakin banyak limbah maka kualitas perairan akan menurun, pencemaran tanah akan meningkat dan kesehatan lingkungan makin menurun.
- 6) Kualitas lingkungan berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat, apabila kualitas lingkungan menurun maka kesehatan lingkungan akan menurun sehingga menghambat peningkatan jumlah penduduk.

Menurut Ciawi dkk (2024) limbah padat dari fasilitas kesehatan dibagi menjadi tiga kategori yaitu limbah medis infeksius dan patologis, limbah beracun dan limbah umum. Limbah medis dapat menularkan penyakit dan berbahaya bagi kesehatan manusia, terdiri dari: benda tajam, limbah yang mengandung darah, limbah bedah dan limbah beracun. Sementara itu Saruni dkk (2024) menyatakan bahwa limbah faskes dapat menimbulkan gangguan kesehatan, cedera, pencemaran udara dan pencemaran lingkungan. Limbah cair rumah sakit maupun fasilitas kesehatan lain merupakan sumber potensial pencemaran karena mengandung senyawa organik yang cukup tinggi, mengandung senyawa kimia yang berbahaya dan mikroorganisme patogen (Hasan & Kadarusman, 2022). Pengelolaan untuk meminimalkan dampak kegiatan faskes antara lain berupa: penyediaan tempat sampah 3 R, penyediaan tempat sampah khusus medis, dan pemusnahan obat-obat kadaluwarsa sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan.

Dampak Kegiatan Pertambangan terhadap Kualitas Air

Sektor pertambangan merupakan salah satu andalan untuk mendapatkan devisa dalam rangka keberlangsungan pembangunan negara. Usaha pertambangan yang dilakukan oleh sebagian masyarakat sering dianggap sebagai penyebab terjadinya kerusakan dan pencemaran lingkungan (Mallongi, 2017).

Keterkaitan dampak kegiatan pertambangan (batuan dan pasir) terhadap lingkungan dapat digambarkan dalam Model *Causal Loop Diagram* sebagai berikut:



Gambar 6. Model CLD Kegiatan Pertambangan

Berdasarkan model CLD maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- 1) Dalam CLD terlihat bahwa jumlah penduduk akan berpengaruh terhadap kegiatan pertambangan. Semakin banyak penduduk maka semakin banyak jumlah produk pertambangan yang diperlukan.
- 2) Kegiatan pertambangan akan berpengaruh terhadap jumlah bahan pencemar fisika dan kerusakan lahan, semakin banyak kegiatan pertambangan, maka jumlah bahan pencemar fisika dan kerusakan lahan yang terjadi akan semakin besar.
- 3) Bahan pencemar fisika berpengaruh terhadap kualitas air karena dengan meningkatnya bahan pencemar maka kualitas air akan menurun.
- 4) Erosi dari kegiatan pertambangan berpengaruh terhadap sedimentasi. Semakin tinggi erosi maka sedimentasi yang terjadi juga akan semakin besar sehingga akan berpengaruh terhadap kualitas air.
- 5) Kualitas air akan berpengaruh terhadap kualitas lingkungan, apabila kualitas air menurun maka kualitas lingkungannya

akan menjadi buruk, demikian juga sebaliknya, apabila kualitas air meningkat, maka kualitas lingkungan akan meningkat juga.

- 6) Kualitas lingkungan berpengaruh terhadap kesehatan lingkungan, apabila kualitas lingkungan menurun maka kesehatan lingkungan akan menurun sehingga menghambat peningkatan jumlah penduduk.

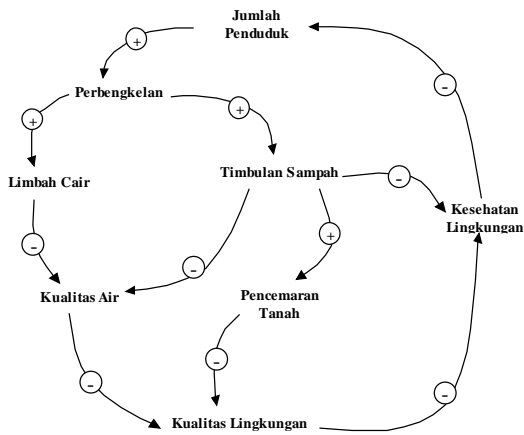
Menurut Pratama dan Surur (2021) kegiatan penambangan telah mengakibatkan berbagai dampak kerusakan lingkungan berupa penurunan permukaan tanah, pengikisan (erosi), pengendapan (sedimentasi), kebisingan, debu dan terganggunya muka air tanah. Kondisi tersebut tidak hanya menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan tetapi juga memberikan dampak yang sangat serius bagi kesehatan dan jiwa manusia. Hal ini sesuai dengan pendapat Yudhiman (2023) yang menyatakan bahwa dampak negatif kegiatan pertambangan adalah perubahan bentang lahan, berkurangnya keanekaragaman hayati (flora dan fauna), erosi dan sedimentasi, pencemaran lingkungan dan rusaknya infrastruktur jalan.

Dampak Kegiatan Perbengkelan terhadap Kualitas Air

Perkembangan usaha bengkel kendaraan bermotor sebagai salah satu pendukung industri otomotif semakin banyak dan diminati para pengusaha sehingga berpengaruh pada pertambahan limbah berupa oli bekas, onderdil bekas, botol oli bekas, aki bekas dan majun. Air limbah yang dibuang dari bengkel akan mengikuti saluran drainase dan masuk ke badan air sehingga mengakibatkan pencemaran sedangkan tumpahan oli bekas dapat menutup pori-pori tanah sehingga mengganggu peresapan air ke dalam tanah. Berdasarkan pengamatan, aktivitas bengkel yang berada di lokasi penelitian sebagian besar adalah bengkel pelayanan umum untuk kendaraan bermotor roda dua dengan jenis pelayanan perawatan kendaraan, perbaikan mesin dan *sparepart*. Limbah dari aktivitas perbengkelan ini

memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, apabila limbah yang dihasilkan langsung dibuang tanpa pengelolaan yang tepat.

Keterkaitan limbah dari perbengkelan dengan perairan dapat digambarkan dalam Model *Causal Loop Diagram* sebagai berikut:



Gambar 7. Model CLD Kegiatan Perbengkelan

Berdasarkan model CLD maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- 1) Dalam CLD terlihat bahwa jumlah penduduk akan berpengaruh terhadap perbengkelan. Semakin banyak penduduk maka jumlah perbengkelan yang diperlukan semakin bertambah.
- 2) Perbengkelan akan berpengaruh terhadap jumlah limbah cair dan limbah padat, semakin banyak bengkel, maka jumlah limbah cair dan limbah padat yang dihasilkan akan semakin banyak.
- 3) Limbah cair berpengaruh terhadap kualitas air, di mana semakin banyak jumlah limbahnya maka kualitas air akan semakin menurun.
- 4) Kualitas air akan berpengaruh terhadap kualitas lingkungan, apabila kualitas air menurun maka kualitas lingkungannya akan menjadi kurang baik, demikian juga sebaliknya, apabila kualitas air meningkat,

maka kualitas lingkungan akan meningkat juga.

- 5) Limbah padat dari kegiatan perbengkelan berpengaruh terhadap kualitas air dan pencemaran tanah, semakin banyak limbah padat maka kualitas perairan akan menurun. Apabila limbah padat tersebut dibuang ke tanah maka dapat menyebabkan pencemaran tanah, semakin banyak limbah padat maka pencemaran tanah akan meningkat.
- 6) Kualitas lingkungan berpengaruh terhadap kesehatan lingkungan, apabila kualitas lingkungan menurun maka kesehatan lingkungan akan menurun sehingga akan menghambat pertumbuhan jumlah penduduk.

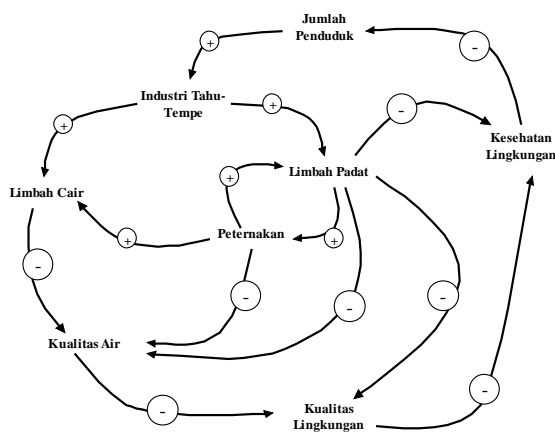
Menurut Wa Alimuna (2022), usaha perbengkelan akan menimbulkan pencemaran baik tanah, air, maupun udara yang akan berpengaruh pada kesehatan manusia. Limbah cair dan limbah padat yang dihasilkan dapat menyebabkan terjadi kerusakan dan pencemaran lingkungan seperti tertutupnya permukaan air oleh minyak. Hal ini sesuai dengan pendapat Saksono (2021) yang menyatakan bahwa kegiatan bengkel berpotensi menimbulkan persoalan lingkungan berupa kebisingan, pencemaran tanah, pencemaran air, pencemaran udara ataupun gangguan kesehatan. Dampak dari bengkel cukup signifikan karena limbah seperti logam dan oli bekas termasuk golongan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang dapat mencemari tanah maupun air (Sumasto dkk, 2022). Limbah yang dihasilkan harus dikelola dengan baik misalnya dengan membuat bak penangkap minyak, menyediakan tempat sampah dan bekerjasama dengan pihak lain dalam pemanfaatan dan pengolahan limbah B3 dari bengkel.

Dampak Kegiatan Industri Tahu-Tempe terhadap Kualitas Air

Tahu dan tempe merupakan makanan khas di Indonesia yang sangat digemari oleh masyarakat sehingga keberadaan

industri tahu dan tempe harus selalu didukung baik oleh pemerintah maupun oleh masyarakat (Kinanti & Harsasto, 2019). Industri olahan pangan tahu tempe memiliki kontribusi terhadap sektor ekonomi, namun memiliki dampak terhadap lingkungan. Produksi tahu dan tempe di wilayah penelitian masih pada skala industri rumah tangga. Proses pengolahan bahan baku menjadi produk tahu dan tempe akan menghasilkan limbah cair dari pencucian dan pemerasan serta limbah padat berupa bungkil kedelai. Limbah cair dibuang langsung ke drainase umum sedangkan limbah padatnya dimanfaatkan sebagai pakan ternak.

Keterkaitan limbah dari industri tahu dan tempe terhadap kualitas air dapat digambarkan dalam Model *Causal Loop Diagram* sebagai berikut:



Gambar 8. Model CLD Kegiatan Industri Tahu dan Tempe

Berdasarkan model CLD maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- 1) Dalam CLD terlihat bahwa jumlah penduduk akan berpengaruh terhadap industri tahu dan tempe. Semakin banyak penduduk maka jumlah produk dari industri tahu dan tempe yang diperlukan penduduk semakin bertambah.
- 2) Aktivitas industri tahu dan tempe akan berpengaruh terhadap jumlah limbah cair dan limbah padat, semakin banyak produk

tahu dan tempe, maka jumlah limbah cair dan limbah padat yang dihasilkan akan semakin banyak.

- 3) Limbah cair berpengaruh terhadap kualitas air, di mana semakin banyak jumlah limbah yang dihasilkan dari industri tahu dan tempe maka kualitas air akan semakin menurun.
- 4) Kualitas air akan berpengaruh terhadap kualitas lingkungan, apabila kualitas air meningkat maka kualitas lingkungannya akan menjadi baik, demikian juga sebaliknya, apabila kualitas air menurun, maka kualitas lingkungan akan menurun juga.
- 5) Limbah padat dari industri tahu dan tempe berpengaruh terhadap peternakan. Limbah padat terutama bungkil kedelai dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Semakin banyak limbah padat, maka pakan ternak yang dihasilkan semakin banyak.
- 6) Kualitas lingkungan berpengaruh terhadap kesehatan lingkungan, apabila kualitas lingkungan menurun maka kesehatan lingkungan akan menurun sehingga mengganggu peningkatan jumlah penduduk.

Menurut Paguray (2021) limbah cair industri tahu dan tempe yang langsung dibuang tanpa pengelolaan terlebih dahulu dapat menyebabkan masalah terhadap kualitas air dan kehidupan biota akuatik. Adak (2013) berpendapat bahwa dampak dari pencemaran limbah pabrik tahu yaitu rusaknya kualitas lingkungan terutama perairan. Limbah cair tahu tempe mengandung bahan organik yang tinggi, apabila langsung dibuang ke badan air akan menurunkan daya dukung lingkungan dan menimbulkan pencemaran udara karena bau yang tidak sedap sehingga limbah tersebut harus diolah (Adi dkk, 2022). Alternatif pengelolaan limbah cair industri tahu dan tempe dengan menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) atau biopori.

Berdasarkan pemodelan dengan CLD maka dapat disimpulkan bahwa kegiatan

antropogenik di DAS Yahim dan DAS Kuruwaka sangat terkait dengan kualitas perairan Pantai Yahim di Danau Sentani. Hal ini didukung dengan data Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jayapura (2022) bahwa status perairan Pantai Yahim masuk pada kriteria tercemar sedang.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini adalah:

- 1) Kegiatan antropogenik di wilayah penelitian sangat beragam terutama di bagian tengah DAS Yahim dan DAS Kuruwaka.
- 2) Kegiatan antropogenik di DAS Yahim dan DAS Kuruwaka menimbulkan dampak negatif berupa limbah padat, limbah cair, erosi dan sedimentasi.
- 3) Kegiatan antropogenik di wilayah penelitian sangat terkait dan berpengaruh terhadap kualitas perairan Pantai Yahim.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktur Program Pascasarjana Universitas Cenderawasih dan Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jayapura atas kesempatan melaksanakan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Adak, Jesi. (2013). Dampak Pencemaran Limbah Pabrik Tahu Terhadap Lingkungan Hidup. *Lex Administratum*. Vol 1, No 3, 78-87.

Adi, W. B., Muladi, A., Rakhman, F., Rais, A. K., Mustiana dan Adiansyah, J. S. (2022). Dampak Perkembangan Sentra Industri Tahu Tempe di Kelurahan Abian Tubuh Baru Terhadap Kondisi Lingkungan. *Jurnal Envirotek*, Vol 14, No 1, 90-97.

Akhirul, Witra, Y., Umar, I. dan Erianjoni. (2020). Dampak Negatif Pertumbuhan Penduduk Terhadap Lingkungan dan Upaya Mengatasinya. *Jurnal Kependudukan dan Pembangunan Lingkungan*, Vol 1, No 3, 76-84.

Badan Pusat Statistik Kab. Jayapura. (2023). Kabupaten Jayapura Dalam Angka 2022.

Ciawi, Y., Dwipayanti, N. M. U. dan Wouters, A. T. (2024). Pengolahan Limbah Medis Rumah Sakit yang Berkelanjutan: Eksplorasi Strategi Ekonomis dan Ramah Lingkungan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Vol 22, No 2, 365-374.

Corsita, L., Tanwir, Usman, S., Widiastuti, S. dan Maitindom, M. (2022). Pemanfaatan Teknologi Filtrasi dan Membran Osmosis Sistem Penyediaan Air Minum Masyarakat Kampung Kameyakha Kabupaten Jayapura. *Jurnal IKRATH-ABDIMAS*, Vol 5, No 3, 42-50.

Dengo, V. A., Mangangka, I. dan Legrans, R. (2020). Perencanaan Anaerobic Baffled Reactor (ABR) Sebagai Unit Pengolahan Air Limbah Peternakan Babi di Desa Rambunan Kecamatan Sonder Kabupaten Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, Vol 8, No 4, 601-606.

Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jayapura. (2022). Laporan Final Pekerjaan Pencegahan Pencemaran dan/atau Kerusakan Lingkungan Hidup.

Effendy, H. (2003). Telaah Kualitas Air Bagi Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta: Kanisius.

Hasan, A. dan Kadarusman, H. (2022). Pengaruh Aerasi Terhadap Pengelolaan Limbah Cair Rumah Sakit dengan Metode Constucted Wetland. *Jurnal Ruwa Jurai*, Vol 16, No 1, 41-49.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2018). Pedoman Penyusunan Rencana Pengelolaan Danau.

Kinanti, A. dan Harsasto, P. (2019). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Program Kampung Tematik (Studi Kasus Kampung Tahu Tempe Gumregah di Kelurahan Lamper Tengah, Kota

- Semarang). *Jurnal of Politic and Government Studies*, Vol 8, No 2, 21-30.
- Mallongi, A. (2017). *Dampak Limbah Cair Dari Aktivitas Institusi dan Industri*. Yogyakarta: Gosen Publishing.
- Morin, C. M., Muhammad, F., & Maryono. (2023). *Analisis Kualitas Air di Perairan Danau Sentani, Kampung Asei Kecil, Distrik Sentani Timur, Kabupaten Jayapura*. *ACROPORA Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan*, Vol 6, No 1, 76-84.
- Mubarokah, A. dan Hendrakusumah, E. (2022). *Pengaruh Alih Fungsi Lahan Perkebunan Terhadap Ekosistem Lingkungan*. *Jurnal Riset Perencanaan Wilayah dan Kota*, Vol 2, No 1, 1-16.
- Ohee, H. L. dan Keiluhu, H. J. (2020). *Pemanfaatan Limbah Plastik Menjadi Ecobricks*. *Jurnal Pengabdian Multi Disiplin*, Vol 2, No 3, 31-40.
- Paguray, H., Sulistyawati dan Fitriyani. (2021). *Limbah Cair Industri Tahu dan Dampaknya Terhadap Kualitas Air dan Biota Perairan*. *Jurnal Pertanian Terpadu*, Vol 9, No 1, 53-65.
- Pakpahan, J. S. P., Syahputra, OK. H. dan Slamet, B. (2022). *Persepsi Masyarakat Dalam Kegiatan Antropogenik Yang Berpengaruh Terhadap Kerentanan DAS Hulu Percut*. *Jurnal Penelitian Kehutanan Bonita*, Vol 4, No 1, 20-29.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2009). *Undang-Undang 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Prasetia, A. dan Walukow, A. F. (2021). *Analisis mutu air Danau Area Gelanggang Expo dengan metode indeks pencemaran di kota Jayapura*. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, Vol 8, No 1, 42-47.
- Prastyo, T., Sajidah, H., Nabilah, I. dan Sahrupi. (2024). *Pendekatan Model Causal Loop Diagram (CLD) Pada Pengelolaan Air Limbah PT. Chandra Asri Petrochemical*. *Jurnal Industrika*, Vol 8, No 1, 279-286.
- Pratama, M. R. dan Surur, F. (2021). *Pengaruh Aktivitas Tambang Galian C Terhadap Perubahan Lingkungan Fisik di Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa*. *Jurnal Sains Teknologi dan Lingkungan*, Vol 7, No 1, 13-33.
- Presiden RI. (2021). *Peraturan Presiden No 60 Tahun 2021 tentang Penyelamatan Danau Prioritas Nasional*.
- Saksono, B. (2021). *Pengaturan Tentang Limbah Cair Bahan Beracun dan Berbahaya Menurut Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. *Jurnal Ilmu Hukum*, Vol 7, No 2, 1-19.
- Saruni, E., Malik, A. dan Zulfikar. (2023). *Strategi Pengelolaan Limbah Medis Padat Pada UPTD Puskesmas Lampahan yang Berdampak Pencemaran Lingkungan*. *Jurnal Serambi Engeneering*, Vol 9, No 1, 7890-7895.
- Sinambela, B. (2024). *Dampak Penggunaan Pestisida Dalam Kegiatan Pertanian Terhadap Lingkungan Hidup Dan Kesehatan*. *Jurnal Agrotek*, Vol 8, No 1, 76-85.
- Siregar, E. S. dan Nasution, M. W. (2020). *Dampak Aktivitas Ekonomi Terhadap Pencemaran Lingkungan Hidup (Studi Kasus di Kota Pejuang, Kotanopan*. *Jurnal Education and Development*, Vol 8, No 4, 589-593.
- Sumasto, F., Imansuri, F. dan Zen, M. (2022). *Perancangan Alat Bantu Penempatan Oil Funnel Untuk Meningkatkan Keberlangsungan Ekonomi dan Lingkungan*. *Jurnal Manajemen dan*

- Teknik Industri-Produksi, Vol 12, No 2, 101-110.
- Soeprbowati, T. R., Suhry, H.C., Saraswati, T. R. dan Jumari, J. (2020). 'Kualitas Air dan Indeks Pencemaran Danau Galela', *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Vol 18, No 2, 236–241.
- Umboh, S. D dan Rampe, H. L. (2019). Penggunaan Fungisida Nabati Dalam Pembudidayaan Tanaman Pertanian. *Jurnal Pengabdian Multidisiplin*, Vol 1, No 2, 36-46.
- Umar, M. A. (2011). Peran Masyarakat dan Pemerintah dalam Pengelolaan Air Limbah Domestik di Wilayah Ternate Tengah. *Majalah Geografi Indonesia*, Vol 25, No 1, 42-54.
- Walukow, A. F. (2011). Dampak Pertumbuhan Penduduk Terhadap Beban Sumber Pencemaran di Danau Sentani Dengan Model Sistem Dinamik Berwawasan Lingkungan. *Jurnal Purifikasi*, Vol 12, No 2, 63-74.
- Waluyo, P. (2009). Kajian Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dan SNI Terkait. *Jurnal Air Indonesia*.
- Wa Alimuna, Yasin, A., Wahyuni, I. R., Teke, J. dan Erif, L. O. M. (2022). Analisis Tingkat Pengetahuan Pelaku Usaha Bengkel Motor Terhadap Limbah Oli dan Upaya Pengurangannya di Kota Kendari. *Jurnal Serambi Engineering*, Vol 7, No 4, 4142-4150.
- Wea, R, Ninu, A. Y. dan Koten, B. B. (2017). Peternakan Babi Berbasis Zero Waste. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, Vol 23, No 3, 320-327.
- Yudhiman, E., Susanto, A. dan Corsita, L. (2023). Analisis Risiko Dampak Pembukaan Lahan Pada Kegiatan Pertambangan Emas PT. Meares Sopotan Mining.