



Analisis Kontaminan Bakteri Escherichia Coli Di Sungai Maruasey

Gery R. N. Lukas^{#a}, Hendra Riogilang^{#b}, Herawaty Riogilang^{#c}

#Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

^agerylukas08@gmail.com, ^briogilanghendra@gmail.com, ^chera28115@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kontaminan bakteri Escherichia coli (E.coli) di Sungai Maruasey dengan fokus pada kualitas air dan sumber pencemaran utama yaitu limbah dari peternakan babi. Metode pengambilan sampel dilakukan di beberapa lokasi strategis sepanjang Sungai kemudian dilakukan analisis terhadap konsentrasi E.coli dalam sampel air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sungai Maruasey mengalami pencemaran bakteri E.coli yang signifikan, terutama di sekitar area peternakan babi. Konsentrasi E. coli yang melebihi batas aman ditemukan di semua titik pengambilan sampel, mengindikasikan adanya potensi risiko terhadap kesehatan masyarakat yang tinggi terkait dengan penggunaan air sungai ini. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini merekomendasikan pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang efektif dan tepat guna di peternakan babi. IPAL diharapkan dapat mengurangi jumlah E. coli dan bahan pencemar lainnya sebelum air dibuang kembali ke Sungai Maruasey.

Kata kunci: Escherichia Coli, pencemaran air sungai, instalasi pengolahan air limbah

1. Pendahuluan

Pencemaran air sungai oleh bakteri Escherichia coli (E.coli) adalah salah satu masalah lingkungan yang serius. Sungai Maruasey yang terletak di provinsi Sulawesi Utara menjadi salah satu sungai yang tercemar oleh bakteri E.coli ini. Kontaminasi bakteri E.coli yang telah melebihi baku mutu menjadi masalah utama di sungai ini dan dapat berdampak buruk terhadap kesehatan masyarakat serta ekosistem akuatik.

Sumber utama kontaminasi E.coli di Sungai Maruasey adalah limbah dari aktivitas peternakan, khususnya peternakan babi. Limbah yang tidak diolah dengan baik dari peternakan ini mengandung sejumlah besar bakteri patogen yang dapat mencemari aliran sungai. Penelitian menunjukkan bahwa sungai yang menerima limpahan limbah dari peternakan memiliki konsentrasi E. coli yang lebih tinggi dibandingkan dengan sungai yang tidak terkontaminasi oleh limbah serupa.

Solusi utama untuk mengatasi masalah ini adalah dengan membangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). IPAL berfungsi untuk mengolah limbah sebelum dibuang ke lingkungan sehingga dapat mengurangi kontaminasi E. coli dan antibiotik resisten bakteri di perairan. Penelitian menunjukkan bahwa IPAL dapat secara signifikan mengurangi konsentrasi E. coli dalam limbah cair, meskipun dalam beberapa kasus, bakteri resisten antibiotik masih ditemukan setelah proses pengolahan.

2. Metode

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di sungai Maruasey Prov. Sulawesi Utara. Penentuan lokasi pengambilan sampel berdasarkan potensi sumber pencemaran mulai dari hulu sungai sampai ke hilir sungai. Lokasi pengambilan sampel air di sungai Maruasey dilakukan di 3 titik. Lokasi

pertama di desa Kiawa II, kec. Kawangkoan Utara, kab. Minahasa. Lokasi kedua di Desa Timbukar, kec. Sonder, kab. Minahasa. Lokasi ketiga di desa Munte, Kec. Tumpaan, Kab. Minahasa Selatan.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Metode Pengambilan Sampel Air

Pengambilan sampel air di sungai Maruasey dilakukan dengan menggunakan metode Grab Sampling. Alat yang digunakan pada pengambilan sampel air adalah botol steril untuk mengambil sampel air guna diperiksa secara bakteriologis, Sarung tangan sebagai pelindung tangan dan mencegah kontaminasi bakteri, Termos es atau coolbox sebagai wadah penyimpanan sampel sementara untuk dibawa ke laboratorium, dan alat tulis menulis. Pengambilan sampel air dilakukan pada kedalaman 0.5 meter dari permukaan air (SNI 06-2412-1991).

Kegiatan yang dilakukan pada proses pengambilan sampel air sungai, sebagai berikut :

1. Pengambilan sampel air di Sungai Maruasey dilakukan pada pagi hari dengan kondisi cuaca cerah dan tidak berawan.
2. Pengambilan sampel air sungai maruasey dilakukan di 3 titik yang mewakili bagian hulu, tengah dan hilir dari sungai maruasey yang telah ditentukan oleh peneliti/penguji.
3. Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel air adalah metode Grab Sampling.
4. Sampel air Sungai Maruasey diambil pada kedalaman 0,5 meter (SNI 06-2412-1991) dari permukaan air sungai menggunakan botol plastik kemasan 750 ml.
5. Proses pengambilan sampel air dilakukan dengan cara botol air dimasukkan kedalam sungai dengan berlawanan arah aliran sungai, kemudian diisi dengan air sebanyak 750 ml. Setelah botol sampel terisi penuh maka tutup botol dan diberikan label.
6. Sampel air kemudian dibawa langsung ke Laboratorium Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Manado untuk dilakukan pengujian lebih lanjut.
7. Hasil data analisis air sungai yang sudah diukur akan dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengendalian Pencemaran Air.

2.2.2 Pengujian di Laboratorium

Pengujian sampel air dilakukan di laboratorium Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Manado. Metode yang digunakan untuk pengujian adalah SM 9221 G 23rd ED 2017. Alat dan bahan yang digunakan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan di Laboratorium

Alat	Jumlah
- Tabung Reaksi	45 buah
- Hot Plate	1 buah
- Autoclave	1 buah
- Laminar Air Flow	1 buah
- Pipet	3 buah
- Incubator	1 buah
- Wadah Besi	1 buah
- LSB (Lauryl Sulphate Broth)	37g / 1000 ml
- Aquades	500 ml

Proses Pemeriksaan Sampel air :

1. Langkah pertama yaitu mencampurkan media LSB (17.8 g) dengan aquades (500 ml) kedalam tabung reaksi.
2. Aduk larutan yang telah tercampur sampai larut dan menyatu dengan menggunakan mesin pengadukan otomatis (Hot Plate).
3. Setelah larutan LSB tercampur rata, pindahkan larutan LSB ke tabung reaksi (45 buah) dengan ukuran setiap tabung sebanyak 10 ml larutan LSB per tabung.
4. larutan LSB kemudian akan dimasukkan kedalam Autoclave untuk disterilkan selama 2 jam.
5. Setelah larutan LSB steril, maka proses selanjutnya adalah mencampurkan sampel air sungai dengan larutan LSB di dalam laminar. Sampel air sungai akan dicampurkan kedalam larutan

LSB dengan rincian jumlah sebagai berikut :

- 15 Tabung : 10 ml sampel air sungai
 - 15 tabung : 5 ml sampel air sungai
 - 15 tabung : 0.1 ml sampel air sungai
6. Langkah selanjutnya adalah larutan akan dimasukan kedalam wadah besi, kemudian akan dimasukan kedalam inkubator selama 48 jam.
 7. Setelah 48 jam maka hasil pengujian akan terlihat apakah positif atau negatif mengandung bakteri E.coli.

2.2.3 Analisis Konsentrasi Bakteri E.coli

Analisis konsentrasi bakteri E.coli dilakukan berdasarkan hasil uji laboratorium dari sampel yang telah diambil kemudian dilakukan pengolahan data dan digabungkan dengan data hasil uji laboratorium parameter bakteri E.coli dari tahun-tahun sebelumnya. Teknik analisis yang digunakan selanjutnya adalah membandingkan hasil uji laboratorium dengan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

2.2.4 Perencanaan Penanganan Pencemaran

Penanganan Pencemaran yang direncanakan dalam penelitian ini adalah membuat Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Tujuan perencanaan pembuatan IPAL ini adalah untuk mengolah air limbah buangan dari peternakan babi yang menjadi sumber pencemaran utama di sungai Maruasey. IPAL yang direncanakan terdiri dari 4 jenis, yaitu :

1. Tangki septik atau bak ekualisasi
2. Anaerobic buffled reactor (ABR)
3. Kolam desinfeksi
4. Constructed wetland

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Tabel 2. Lokasi Pengambilan Sampel

No	Lokasi	Alamat	Koordinat GPS
1	Jembatan Ranowangko	Kiawa, Kec. Kawangkoan Utara, Minahasa.	1°12'47" LS 124°47'22" BT
2	Timbukar	Timbukar, Kec. Sonder, Minahasa	1°16'59" LS 124°43'42"
3	Jembatan Maruasey	Munte, Kec. Tumpaan, Minahasa Selatan	1°17'44" LS 124°39'59" BT

- Titik 1 Aliran Sungai Maruasey di Kiawa, Kec. Kawangkoan Utara
Lokasi pemantauan berada di jembatan Ranowangko, Kiawa, Kec. Kawangkoan Utara, Kab. Minahasa dengan letak Geografis pada 1°12'47" LS 124°47'22" BT. Kondisi aliran sungai berarus kecil dengan kedalaman sekitar 1 meter dengan kondisi air sungai tidak berwarna dan tidak berbau. Lebar kering sungai sekitar 10 meter dan lebar basah tergantung keadaan cuaca saat pemantauan. Penggunaan lahan disekitar sungai diantaranya pemukiman penduduk, tempat pencucian mobil, restoran dan ruko. Adapun vegetasi tumbuhan yang ada di sekitaran sungai diantaranya pohon bambu, pisang, durian, kelapa, tumbuhan semak dan lain-lain.
- Titik 2 Aliran Sungai Maruasey di Timbukar, Kec. Sonder
Lokasi pemantauan terletak di Timbukar, Kec. Sonder, Kab. Minahasa dengan letak geografis pada 1°16'59" LS 124°43'42" BT. Pemanfaatan lahan di sekitar sungai digunakan untuk pemukiman penduduk, kantor desa, kebun, jalan raya dan aliran sungai di lokasi ini biasa digunakan untuk kegiatan olahraga arung jeram. Bentuk sempadan sungai landai tidak teratur dengan lebar kering sungai sekitar 25 meter dengan kedalaman 1 sampai 2 meter. Warna air di sungai ini terlihat kehijauan dan tidak berbau dengan kondisi aliran sungai berarus. Di lokasi ini masyarakat yang tinggal di pinggiran aliran sungai membuang limbah rumah tangganya

langsung ke sungai. Vegetasi tumbuhan disekitar lokasi ini adalah pohon bambu, kelapa, jambu air, durian, nangka, rambutan, tumbuhan semak dan lain-lain.

- Titik 3 Aliran Sungai Maruasey di Munte, Kec. Tumpa, Kab. Minahasa Selatan dengan letak geografis pada 1°17'44" LS 124°39'59" BT. Bentuk sempadan sungai curam dengan lebar kering sungai sekitar 30 meter dan lebar basah bergantung pada keadaan cuaca pada pemantauan. Kondisi air di titik ini tidak berwarna dan tidak berbau dengan kedalaman sungai berkisar 1 sampai 2 meter. Penggunaan lahan di sekitar lokasi antara lain pemukiman penduduk, warung, restoran, rest area dan banyak toilet umum. Untuk vegetasi tumbuhan disekitaran lokasi terdapat banyak pohon kelapa, mangga, durian, bambu, tumbuhan semak dan lain-lain.

3.2 Hasil Analisis Sampel

Berdasarkan analisa laboratorium yang dilakukan di Balai Riset dan Standardisasi Industri Manado dengan menggunakan metode Most Probable Number yang ada pada SNI 2897:2008, maka diperoleh kandungan bakteri E.coli pada air sungai di sungai Maruasey yang diambil dari 3 titik yang terletak di 3 desa yang berada di DAS Maruasey. Dibawah ini adalah jumlah bakteri E.coli yang ada di 3 titik pengambilan sampel.

Tabel 3. Hasil Analisis Laboratorium

Lokasi	Sampel	Kandungan Bakteri E.coli	Satuan	Baku Mutu
Titik I	SM I	1600	MPN/ 100 ml	1000
Titik II	SM II	2400	MPN/ 100 ml	1000
Titik III	SM III	1100	MPN/ 100 ml	1000

Sumber : Data Primer, 2024

Merujuk pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, air dapat digunakan sebagai sumber air bersih jika memenuhi baku mutu, salah satunya adalah baku mutu dari parameter biologi yaitu bakteri Eschericia coli 1000 MPN/100 ml. Berdasarkan hal itu, maka sampel air sungai Maruasey yang masih dimanfaatkan oleh masyarakat tidak memenuhi persyaratan air bersih menurut Peraturan pemerintah Nomor 82 Tahun 2001. Air yang digunakan masyarakat tidak seharusnya mengandung mikroorganisme patogen apapun dan juga harus bebas dari bakteri yang memberi indikasi pencemaran tinja.

3.3 Konsentrasi Bakteri E.coli

Tabel 4. Konsentrasi Bakteri E.coli

Titik Sampling	Tahun Pengukuran					Baku Mutu (MPN/100 MI)
	2020 (MPN/100 MI)	2021 (MPN/100 MI)	2022 (MPN/100 MI)	2023 (MPN/100 MI)	2024 (MPN/100 MI)	
I	2800	54000	13000	2400	1600	1000
	24000	4700	13000	54000		
2	4600	24000	13000	35000	2400	1000
	3300	4900	17000	13000		
3	24000	2400	54000	7900	1100	1000
	7900	4900	24000	3300		

Sumber : Data Primer dan Sekunder 2024

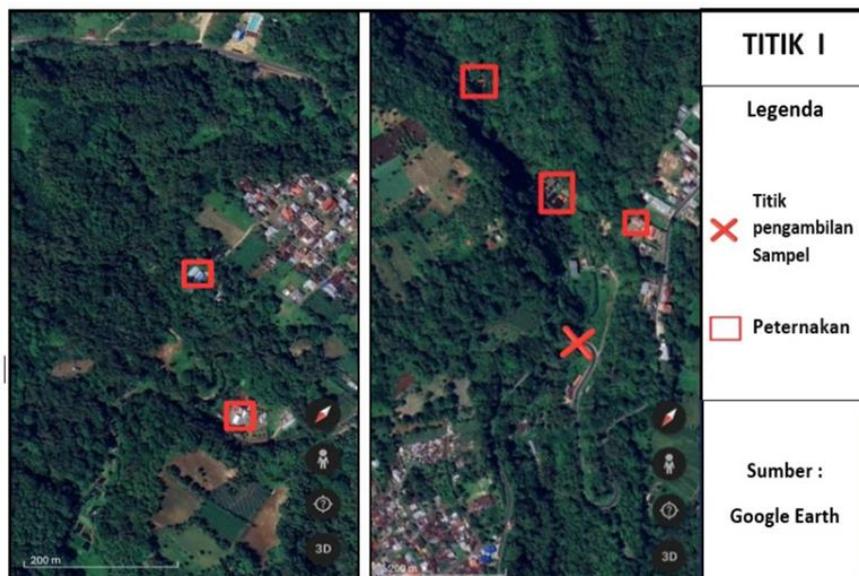
Berdasarkan hasil pengukuran di tiga titik sampling selama lima tahun. Konsentrasi E.coli berada melebihi nilai ambang batas baku mutu kelas II. Setelah dilakukan analisis dan observasi di lapangan dapat diketahui bahwa peternakan babi merupakan sumber pencemaran utama bakteri E.coli di sungai Maruasey. Peternakan babi yang terdapat di pinggiran sungai maruasey tidak ada yang memiliki fasilitas pengolahan limbah dan limbah yang dihasilkan dibuang langsung ke sungai.

3.4 Peternakan di Pinggiran Sungai Maruasey

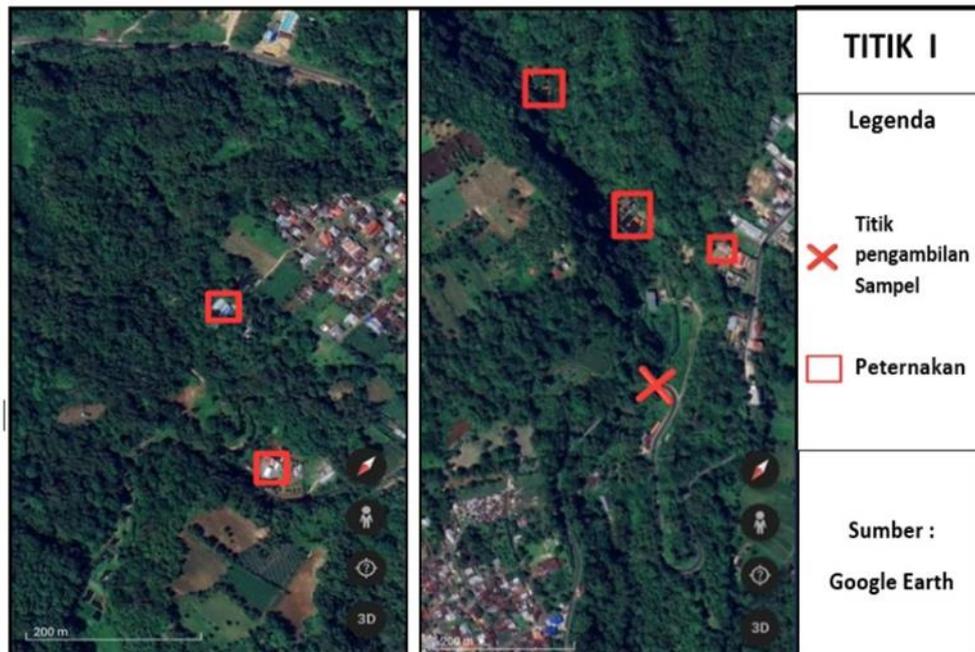
Di sepanjang aliran sungai maruasey terdapat banyak peternakan yang dimiliki oleh warga. Jenis hewan yang dipelihara pada umumnya adalah babi. Perizinan untuk pembangunan peternakan diatur dalam Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2009 tentang Peternakan dan Kesehatan Hewan. Akan tetapi, untuk peternakan pribadi atau peternakan yang dimiliki oleh warga, tidak perlu mengurus perizinan usaha peternakan dari pemerintah. Hal ini dikarenakan peternakan yang dimiliki oleh warga bukan merupakan perusahaan peternakan dengan jumlah ternak di atas skala usaha yang diatur.



Gambar 1. Lokasi Peternakan di Titik I



Gambar 2. Lokasi Peternakan di Titik II



Gambar 3. Lokasi Peternakan di Titik III

Tabel 5. Jumlah Hewan di Peternakan

Jumlah Hewan Peternakan	Jumlah	Persentase
Peternakan dengan jumlah hewan dibawah 50 ekor.	5	50%
Peternakan dengan jumlah hewan 50 ekor sampai dengan 100 ekor.	3	30%
Peternakan dengan jumlah hewan diatas 100 ekor.	2	20%
Total Peternakan	10	100%

Sumber : Data Primer, 2024

3.5 Fasilitas IPAL di Peternakan

Peternakan babi yang tidak memiliki pengolahan air limbah merupakan salah satu penyumbang pencemaran terbesar di sungai Maruasey. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air merupakan aturan yang menjadi patokan utama dalam mengatur baku mutu kualitas air. Oleh karena itu, pengolahan air limbah sangat dibutuhkan dalam menjaga kualitas dan kebersihan air sungai. Data fasilitas IPAL dari peternakan yang ada di lokasi penelitian ditampilkan pada Tabel 6.

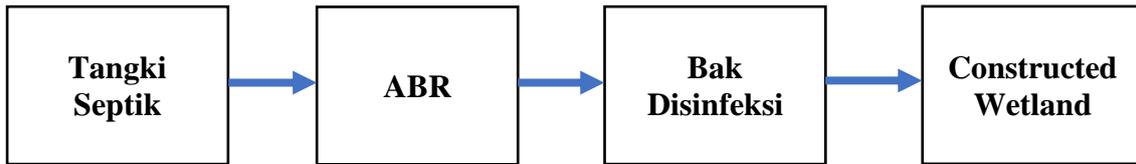
Tabel 6. Fasilitas IPAL Peternakan

Fasilitas IPAL Peternakan	Jumlah	Persentase
Peternakan yang memiliki septictank dan pengolahan lanjutan	0	0%
Peternakan yang memiliki septictank tapi tidak ada pengolahan lanjutan.	0	0%
Peternakan yang tidak memiliki pengolahan limbah dan langsung membuang air limbah di sungai	10	100%
Total	10	100%

Sumber : Data Primer, 2024

3.6 Penanganan Pencemaran

Penanganan pencemaran yang direncanakan untuk meminimalisir pencemaran yang berasal dari peternakan babi adalah dengan melakukan pengolahan limbah menggunakan IPAL. IPAL yang direncanakan untuk kapasitas 100 ekor babi dengan berat rata-rata babi adalah 90 kg per ekor. Diagram alir pengolahan limbah di peternakan babi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Pengolahan Limbah

- **Tangki septik**
Tangki septik yang difungsikan sebagai bak ekualisasi dalam perencanaan ini merupakan primary treatment. Debit air limbah yang masuk kedalam tangki septik adalah 3.00 m³/hari. Beban BOD yang masuk adalah 1.500 mg/L, COD 2.000 mg/L, TSS 1.500 mg/L dan E.coli 160.000 MPN/100 ml. Perkiraan penyisihan yang terjadi pada pengolahan ini yaitu BOD 36%, COD 34%, dan TSS 65%. Dimensi bangunan yang direncanakan setelah melakukan perhitungan adalah panjang kompartemen pertama tangki septik yaitu 2 m, panjang kompartemen kedua 0.5 m, lebar tangki septik yaitu 2 m, dan kedalaman tangki septik yaitu 1.5 m. Efluen yang keluar dari tangki septik yaitu, debit 2.88 m³/hari, BOD₉₆₀ mg/L, COD 1.320 mg/L, TSS 523 mg/L.
- **Anaerobic Buffled Reactor (ABR)**
Anaerobic Buffled Reactor (ABR) yang direncanakan dalam penelitian ini sebagai pengolahan yang kedua dan unit ini direncanakan menerima efluen dari tangki septik. Untuk dimensi bangunan yang direncanakan yaitu panjang total dari ABR adalah 3.5 m, lebar 1 m dan kedalaman 1.5 m. Perkiraan penyisihan pada pengolahan ini yaitu, BOD 92%, COD 90% dan TSS 80%. Efluen yang keluar dari ABR yaitu, debit 2.85 m³/hari, BOD 59 mg/L, COD 136 mg/L dan TSS 108 mg/L.
- **Bak desinfeksi**
Bak desinfeksi dalam pengolahan ini berfungsi sebagai wadah untuk proses desinfeksi menggunakan kaporit. Setelah dilakukan analisis dan perhitungan maka didapatkan debit air limbah yang masuk adalah 2.85 m³/hari dengan jumlah Bakteti E.coli sebanyak 160.000 MPN/100 ml. Dimensi untuk bangunan ini yaitu, panjang 1 m, lebar 1 m dan kedalaman 2 m. Tingkat penyisihan bakteri E.coli dalam pengolahan ini adalah 98.83%. Efluen yang keluar dari bak desinfektan yaitu, Debit 2.85 m³/hari dan E.coli 1.872 MPN/100 ml.
- **Constructed wetland**
Constructed wetland berperan sebagai pengolahan akhir air limbah sebelum dibuang di sungai. Debit air limbah yang masuk adalah 2.85 m³/hari dengan kandungan BOD 59 mg/L, COD 136 mg/L, TSS 108 mg/L dan E.coli 1.872 MPN/100 ml. Penyisihan yang terjadi di constructed wetland yaitu, BOD 95%, COD 95%, TSS 85% dan E.coli 96.17%. Dimensi bangunan constructed wetland yaitu, panjang total 10 m, lebar 1.8 m dan kedalaman 0.3 m. Tanaman yang digunakan pada pengolahan ini adalah Melati air (*Echinodorus palaefolius*). Efluen yang keluar dari constructed wetland yaitu, BOD 2.8 mg/L, COD 7.01 mg/L, TSS 14 mg/L dan E.coli 72 MPN/100 ml. Maka dapat dipastikan air limbah yang keluar dari constructed wetland telah memenuhi baku mutu air menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dibuat maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kandungan bakteri Escherichia coli di sungai Maruasey berdasarkan perbandingan dengan baku mutu yang ada dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 menunjukkan air di sungai Maruasey telah tercemar secara bakteriologis. Kandungan bakteri E.coli yang ada pada 3 titik pengambilan sampel di sungai Maruasey telah melebihi baku mutu yang ada. Hasil pengujian menunjukkan kandungan bakteri E.coli tertinggi berada pada SM 2 pada semester 2 tahun 2020 dengan jumlah 54.000 MPN/100 ml.
2. Hasil penelitian menunjukkan sumber pencemaran utama yang paling banyak berkontribusi terhadap tingginya pencemaran bakteri E.coli di sungai Maruasey adalah pembuangan air limbah peternakan secara langsung ke sungai dan tidak melewati pengolahan terlebih dahulu.

3. Upaya penanganan yang bisa dilakukan untuk menangani permasalahan pencemaran air sungai Maruasey oleh bakteri *E.coli* yang berasal dari limbah peternakan adalah membuat Instalasi Pengolahan Air limbah (IPAL). IPAL yang menjadi solusi dari penelitian ini sebagai berikut :
- Tangki septik dengan dimensi bangunan 2.5 m x 2 m x 1.5 m
 - Anaerobic baffled reactor dengan dimensi bangunan 3.5 m x 1m x 1.5 m
 - Bak desinfeksi dengan dimensi bangunan 1.2 m x 1.2 m x 2 m
 - Constructed wetland dengan dimensi media filter 16 m x 1.8 m x 0.5 m

Referensi

- Abduh, I.M.N., 2018. *Ilmu dan rekayasa lingkungan* (Vol. 1). Sah Media.
- Alamri, D.N.H., Riogilang, H. Supit, C.J., 2023. Penggunaan Eco-Enzyme Dalam Menurunkan Kadar *Escherichia Coli* Dari Limbah Peternakan Pada Air Sungai Malalayang. *TEKNO*, 21(85), pp.979-989.
- Amrillah, A.M., Salamah, L.N.M., Amin, A.A., Rangkuti, R.F.A., Mahariawan, I.M.D., Adhhapsari, W., Yanuar, A.T. and Setyoningrum, D., 2023. *Biomonitoring Lingkungan Akuatik*. Universitas Brawijaya Press.
- Annisa, A.R., 2021. *Analisis Kandungan Bakteri Coliform dan Escherichia coli Pada Air Minum dalam Kemasan dan Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Sukarame Bandar Lampung* (Doctoral dissertation, UIN RADEN INTAN LAMPUNG).
- Arisman, M.B., 2009. *Keracunan Makanan* Buku Ajar Ilmu Gizi. EGC.
- Azifah, H.I., Riogilang, H. Riogilang, H., 2022. Desain Unit Instalasi Pengelolaan Air Limbah Rumah Sakit Perguruan Tinggi Negeri UNSRAT Manado Menggunakan Metode Biofilter Anaerobic-Aerobic. *TEKNO*, 20(82).
- Fitoni, C.N., Asri, M.T. and Hidayat, M.T., 2013. Pengaruh pemanasan filtrat rimpang kunyit (*Curcuma llonga*) terhadap pertumbuhan koloni bakteri Coliform secara in vitro. *Jurnal Mahasiswa Teknologi Pendidikan*, 2(3).
- Foxon, T., Makuch, Z., Mata, M. Pearson, P., 2004, October. Innovation systems and policy-making processes for the transition to sustainability. In *Proceedings of the 2003 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change, Environmental Policy Research Centre* (pp. 96-112).
- Harundja, W.D., Riogilang, H. Hendratta, L.A., 2023. Studi Penyebaran Kontaminasi Pada Air Tanah TPA Airmadidi Terhadap Pemukiman. *TEKNO*, 21(85), pp.1387-1397.
- Kalembiro, E.C., Rondonuwu, S.G. Riogilang, H., 2024. Penanganan Pencemaran Akibat Air Limbah Domestik Terhadap Kualitas Air Sungai Malalayang Di Kelurahan Bahu Kota Manado. *TEKNO*, 22(87), pp.243-250.
- Mahatyanta, A., 2016. *Perencanaan desain alternatif IPAL dengan Teknologi Anaerobic Baffled Reactor dan Anaerobic Filter untuk Rumah Susun Romokalisari Surabaya* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Mistari Edi, 2016. "Destruksi Bakteri (*Escherichia coli* dan *Salmonella*) Asal Mata Air Sumber Jirun Desa Mojo Kecamatan Padang Kabupaten Lumajang Menggunakan Tawas dan Kaporit" Skripsi IPB Bogor.
- Mudarisin, (2004) *Strategi Pengendalian Pencemaran Sungai: Studi Kasus Sungai Cipinang Jakarta Timur* Control.
- Mustika, S., 2019. *Keracunan Makanan: Cegah, Kenali, Atasi*. Universitas Brawijaya Press.
- Palapa Timoty J., Riogilang Hendra, Mandagi Agnes T. 2023. Desain IPAL Peternakan Babi Di Desa Leilem Kabupaten Minahasa. *Jurnal TEKNO* Vol.21, No.85, p-ISSN:0215-9617.
- Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Putra I Komang Adi. 2015. "Desain Bangunan Pengolahan Limbah Cair Peternakan Babi Dan Pemanfaatan Kembali Hasil Pengolahannya". Skripsi ITS Surabaya.
- Randa, M., Amer, A., El Dougdoug, A. Mobil, K.S.A., 2017. Molecular Detection an (HEV) as WaterBorn He. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 11(12), pp.81-89.
- Rahayu, W.P., 2018. *Escherichia coli: Patogenitas, Analisis dan Kajian Risiko*. Bogor : IPB Press
- Ranti Jhosua Christian Arransa, 2020. *Efektivitas Sistem Constructed Wetland Dalam Menurunkan Jumlah Bakteri Patogen Pada Limbah Rumah Sakit*. *Jurnal Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta*.
- Rosalina, T., Pambudi, R.S. and Khusna, K., 2021. *Identifikasi Bakteri Escherichia Coli pada Es Batu yang Dijual pada Kawasan Universitas Sahid Surakarta* (Doctoral dissertation, Universitas Sahid Surakarta).
- Sumantri, H.A. and SKM, M.K., 2017. *Kesehatan Lingkungan-Edisi Revisi*. Prenada Media.
- Trilitai, M.N., Hendrasarie, N. and Wahjudijanto, I., 2015. design Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan ABR (Anaerobic Baffled Reactor). In *Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono* (pp. 11-14).

- Vymazal, J., 2010. Constructed wetlands for wastewater treatment. *Water*, 2(3), pp.530-549.
- Widyaningsih Wiwid, Supriharyono, Widyorini Niniek. 2016. Analisis Total Bakteri Coliform Di Perairan Muara Kali Wisu Jepara. *Diponegoro Journal Of Maquares*, Vol.5, No.3, 157-164
- Wijaya Eko R., 2020. "Analisis Kualitas Air Dan Metode Pengendalian Pencemaran Air Sungai Bangkala Kabupaten Jeneponto". Skripsi Universitas Muhamadiyah Makasar.
- Wiratno, E.N., Aliviyanti, D., Djamaludin, H. and Dailami, M., 2023. *Mikrobiologi Perairan*. Universitas Brawijaya Press.