

Analisis kinerja boezem dalam penurunan parameter air limbah: studi kasus Morokrempangan, Surabaya, Indonesia

Analysis of boezem's performance in reducing wastewater parameters: a case study in Morokrempangan, Surabaya, Indonesia

Agus Slamet^{1,2*}, Putri Brikke Sukma Hartati¹, Ervin Nurhayati^{1,2}, Andriyan Yulikasari^{1,2}

¹Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

²Pusat Penelitian Infrastruktur dan Lingkungan Berkelanjutan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Abstrak.

Boezem Morokrempangan memiliki fungsi ganda yaitu sebagai pengendalian banjir dan tampungan air limbah perkotaan. Penelitian ini dilakukan pada musim kemarau dan penghujan dengan waktu masing-masing selama 10 hari. Sampel air dikumpulkan pada 5 titik *sampling* dengan analisis parameter berupa COD, DO, pH, TS, TSS, dan temperatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air boezem mengalami pencemaran berat dengan konsentrasi pencemar yang melebihi baku mutu badan air kelas IV. Karakteristik air limbah menunjukkan nilai yang cenderung lebih bagus pada musim penghujan daripada musim kemarau. Beban pencemar yang berada di *inlet* boezem nilainya lebih besar 2x lipat dibandingkan dengan beban pencemar yang berapa di *outlet* boezem. Oleh karena itu, besarnya beban pencemar yang masuk ke Boezem Morokrempangan mengakibatkan boezem kehilangan kemampuan pemulihan diri. Kinerja penurunan parameter air hanya mampu menghasilkan efisiensi sebesar 22,10%; 8,65%; dan 19,50% untuk parameter COD, TS, dan TSS, masing-masing pada musim penghujan.

Kata kunci: Boezem Morokrempangan, beban pencemar, kualitas air limbah, musim kemarau dan penghujan

Abstract.

Boezem Morokrempangan has a dual function, i.e. as a flood control and urban wastewater reservoir. This research was conducted in the dry and rainy seasons with a period of 10 days each. Water samples were collected at 5 sampling points with parameter analysis such as COD, DO, pH, TS, TSS, and temperature. The results showed that the boezem water quality was heavily polluted with pollutant concentration exceeding the quality standards of class IV for water bodies. Wastewater characteristics indicated that values tended to be better in the rainy season than the dry season. The pollutant load at the boezem inlet was 2x greater than the pollutant load at the boezem outlet. As a result, the amount of pollutant load that goes into the Boezem Morokrempangan caused the boezem loses its self-purification ability. The performance of reducing wastewater parameters was only able to produce efficiencies of 22.10%, 8.65%, and 19.50% for COD, TS, and TSS parameters, respectively in the rainy season.

Keywords: Boezem Morokrempangan, pollutant load, wastewater quality, dry and rainy season

1. PENDAHULUAN

Kolam penampungan air sebagai pengendali limpasan air hujan, pengendali banjir, dan penampungan air drainase perkotaan disebut sebagai boezem (Ratnawati *et al.* 2020). Meningkatnya urbanisasi, seperti kehilangan vegetasi, penggantian area yang sebelumnya permeabel dengan permukaan yang kedap air, dan perubahan saluran drainase, menyebabkan penurunan kualitas air perkotaan (Moghadam *et al.* 2023; Yang *et al.* 2023). Aktivitas manusia, termasuk produksi industri dan pertanian, perluasan wilayah perkotaan, dan limpasan permukaan yang berkurang menyebabkan perubahan tata letak dan hidrologi boezem (Zhang *et al.* 2023).

* Korespondensi Penulis
Email : agus.tlits@gmail.com

Kota Surabaya terdapat beberapa boezem, salah satunya yang terbesar adalah Boezem Morokrempangan yang melayani sekitar 25% dari total luas Kota Surabaya (Fitrianingtyas dan Slamet 2018). Boezem ini tidak hanya menerima limpasan air hujan namun juga menerima air limbah perkotaan yang masuk bersamaan dengan air drainase (Najih *et al.* 2020). Jumlah penduduk Kota Surabaya pada tahun 2022 sekitar 2,8 juta jiwa dan berpotensi meningkat setiap tahunnya mengakibatkan beban pencemar dari air limbah perkotaan juga akan semakin tinggi (Lasminto 2017).

Kondisi Boezem Morokrempangan saat ini mengalami pendangkalan, berbau tidak sedap, keruh, dan berwarna hitam (Karnaningroem dan Paitaha 2021). Pendangkalan juga terjadi karena sedimen dan sampah yang terbawa oleh aliran drainase (Baihaqi dan Soebagio 2021). Beban pencemar yang terus masuk ke boezem mengakibatkan zat organik berlimpah dan berujung pada pertumbuhan alga yang tidak terkendali (*eutrophication*) (Slamet dan Hermana 2012). *Eutrophication* meningkatkan kesuburan boezem yang pada gilirannya menyebabkan perkembangan *cyanobacteria*, diatom, dan ganggang hijau yang tidak diinginkan. Organisme ini menggunakan oksigen untuk proses fotosintesis dan dengan cepat melipat gandakan biomassa mereka, sehingga pertumbuhan yang berlebihan menyebabkan penurunan kualitas air yang signifikan (Buta *et al.* 2023). Selain itu, kemampuan *self-purification* Boezem Morokrempangan akan mengalami penurunan jika konsentrasi oksigen dalam air menjadi terganggu akibat kehadiran alga tersebut (Ratnawati *et al.* 2020). Pada akhirnya hal ini akan mempengaruhi penurunan konsentrasi air limbah yang masuk ke Boezem Morokrempangan.

Dalam penelitian ini, studi analisis kinerja Boezem Morokrempangan dalam menurunkan parameter pencemar air limbah dilakukan pada musim kemarau dan musim penghujan melalui parameter *chemical oxygen demand* (COD), *dissolved oxygen* (DO), pH, temperatur, *total solids* (TS), dan *total suspended solids* (TSS).

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi penelitian

Lokasi penelitian berada di Boezem Morokrempangan, Kecamatan Morokrempangan, Surabaya, Indonesia. Terdapat dua bagian di Boezem ini, yaitu Boezem Utara dan Boezem Selatan. Kapasitas masing-masing boezem yaitu, 415.790 m³ dan 434.466 m³.

Lokasi penelitian dikelilingi oleh pemukiman dan dilintasi jalan tol Gempol-Gresik. Boezem Morokrempangan menampung air dari 3 saluran drainase, yaitu Kali Greses, Kali Pesapen, dan Kali Purwodadi. Saluran Kali Greges memiliki luas 2325,72 Ha dan penggunaan lahan di sekitar saluran ini merupakan pemukiman penduduk daerah Asemrowo dan Tambak Asri. Saluran Kali Pesapen dengan luas total 278,52 Ha juga dikelilingi oleh pemukiman penduduk dari daerah Tanjungsari. Saluran Kali Purwodadi yang memiliki luas total 87,89 Ha dengan penggunaan lahan sekitar pemukiman padat penduduk daerah Jeparo dan Sedayu. Permasalahan utama pada ketiga saluran ini adalah buangan sampah, air limbah, dan sedimentasi.

2.2. Teknik pengumpulan sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada musim kemarau dan musim hujan, selama 10 hari masing-masing. Terdapat 5 titik *sampling* (**Gambar 1**) pada daerah penelitian. Titik 1 dan 5 berada di *inlet* Kali Greges dan *inlet* Kali Purwodadi. Titik 2 berada di *outlet* yang menuju ke Boezem Morokrempangan Utara. Sementara, titik 3 dan 4 berada di dalam area Boezem Morokrempangan. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan metode *grab* sampel.



Gambar 1. Lokasi penelitian dan titik *sampling*.

2.3. Analisis parameter

Beberapa parameter yang dianalisis dalam penelitian ini adalah COD, TS, TSS, temperatur, pH, dan DO. Pengukuran temperatur, pH, dan DO menggunakan thermometer, pH meter, dan DO meter. Analisis COD dilakukan berdasarkan *standard methods* 5220B metode *close reflux*. Analisis *total solids* (TS) berdasarkan *standard methods* 2540B, metode *total solids dried* pada 103-105 °C. Analisis *total suspended solids* (TSS) berdasarkan *standard method* 2540D, metode *total suspended solids dried* 103-105 °C.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

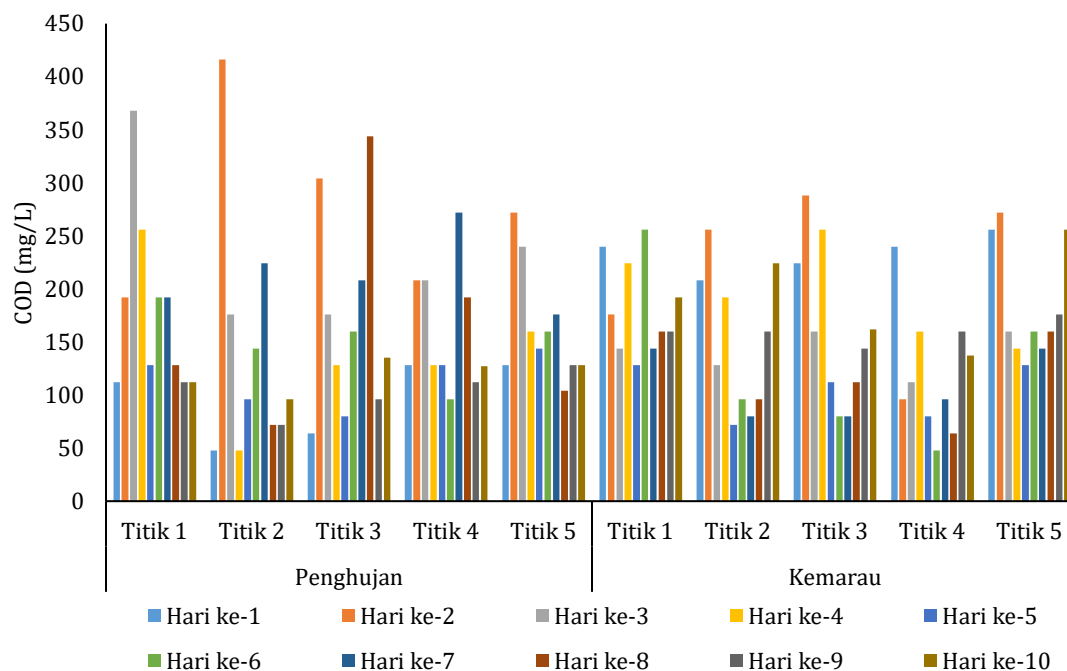
3.1. Kualitas air

Hasil pengujian parameter kualitas air Boezem Morokrempangan pada musim penghujan dan kemarau ditunjukkan pada **Gambar 2** hingga **Gambar 5**. Parameter kualitas air yang diteliti pada penelitian ini adalah COD, TS, TSS, DO, pH, dan temperatur. Hasil penelitian menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan terhadap kualitas air boezem pada musim penghujan dan kemarau. Konsentrasi COD (**Gambar 2**) yang masuk ke boezem pada musim penghujan dan kemarau masing-masing dalam rentang, 48–416 mg/L dan 72–272 mg/L. Konsentrasi TS (**Gambar 3**) yang masuk ke boezem pada musim penghujan dan kemarau adalah 428 – 896 mg/L dan 544–2740 mg/L, masing-masing. Konsentrasi TSS (**Gambar 4**) pada musim penghujan dan kemarau memiliki rentang 1–132 mg/L dan 4–120 mg/L, masing-masing. Konsentrasi DO (**Gambar 5**) pada musim penghujan dan kemarau memiliki rentang nilai 0,8–5,2 mg/L dan 0,6–7,8 mg/L, masing-masing. Nilai pH dan temperatur pada musim kemarau dan penghujan memiliki rentang nilai 5,1–7,36 dan 6,6–9,4; 30–35,6 °C dan 25,5–31,5 °C, masing-masing.

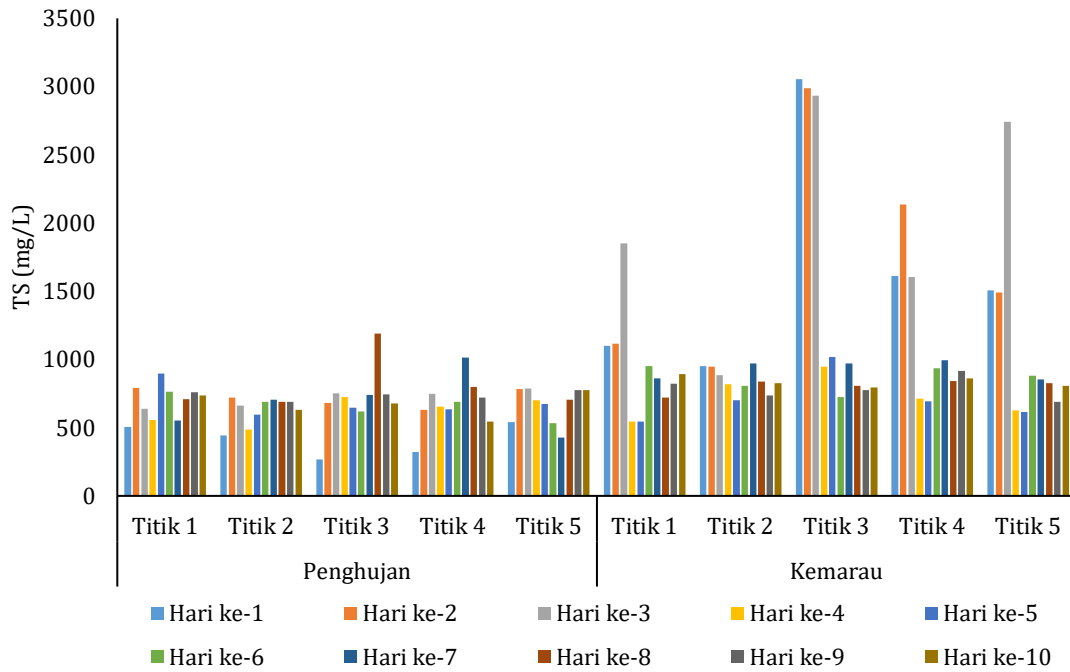
Analisis parameter fisik–kimia air boezem, seperti COD, TS, TSS, DO, pH dan temperatur menjadi penting karena berkaitan dengan batas konsentrasi polutan pada kualitas air boezem kelas IV. Berdasarkan hasil penelitian, semua parameter yang di analisis tidak memenuhi baku mutu badan air kelas IV, kecuali untuk parameter TSS ($p < 400$ mg/L). Parameter temperatur yang direkomendasikan adalah dalam rentang 22–28 °C, sedangkan temperatur sampel baik musim penghujan dan kemarau, nilainya melampaui batas ini.

Temperatur yang tinggi dapat berpengaruh pada aktivitas metabolisme mikroorganisme yang ada di air dan menyebabkan konsentrasi oksigen dalam air menipis, sehingga mampu mengubah pola distribusi fitoplankton (Agwu *et al.* 2023). Konsentrasi TS dalam dua musim menunjukkan nilai yang cenderung tinggi ($p > 500$ mg/L), nilai yang cenderung tinggi ini dapat disebabkan karena air boezem mengandung N dan P yang tinggi. Pada akhirnya akan menimbulkan tumbuhnya alga pada boezem (Fitrianiingtyas dan Slamet 2018).

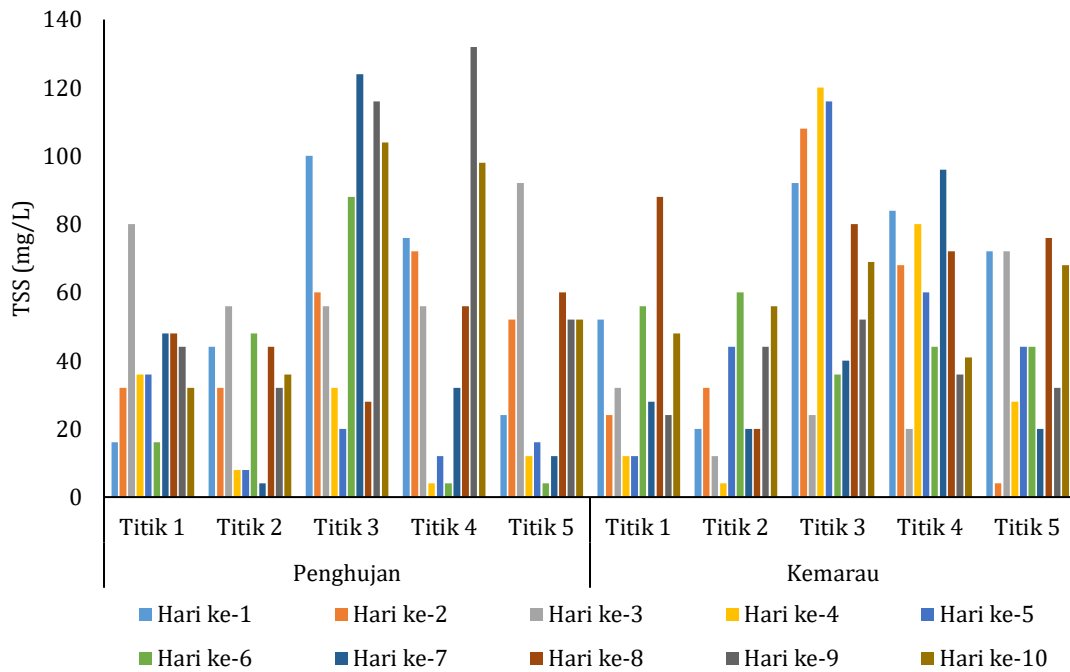
Parameter pH dapat menunjukkan tingkat keasaman air boezem dan indikator kualitas air yang menentukan kesesuaian air untuk berbagai keperluan (Lkr *et al.* 2020). Baku mutu badan air untuk parameter pH adalah dalam rentang 6-9, nilai ini tidak terpenuhi pada musim penghujan maupun pada musim kemarau. Pada musim penghujan, batas bawah pH boezem tidak memenuhi, sedangkan pada musim kemarau nilai batas atas pH boezem yang tidak memenuhi. Konsentrasi COD baik pada musim penghujan maupun musim kemarau, nilainya melebihi baku mutu badan air kelas IV ($p > 80$ mg/L). Tingkat pencemaran di Boezem Morokrempangan relatif tinggi, lebih dari itu parameter COD dapat digunakan sebagai representatif untuk perhitungan bahan organik yang terkandung dalam boezem (Suriadikusumah *et al.* 2021). Disisi lain, konsentrasi DO dalam boezem menunjukkan batas minimal yang kurang dari baku mutu kelas IV ($p > 1$ mg/L).



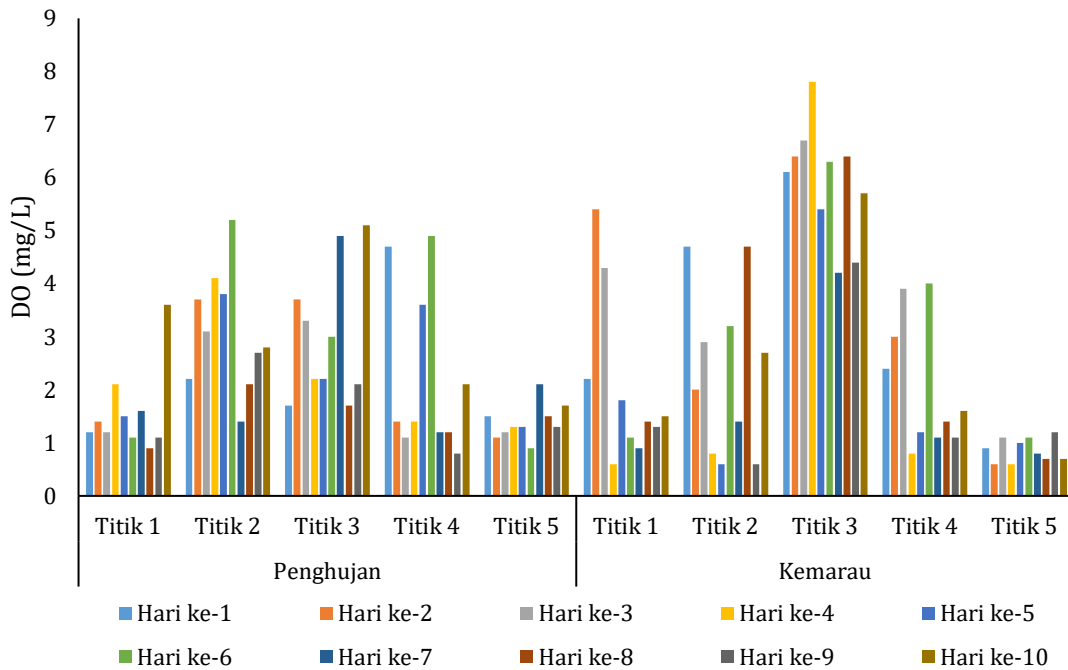
Gambar 2. Kualitas air Boezem Morokrempangan untuk parameter COD (*chemical oxygen demand*).



Gambar 3. Kualitas air Boezem Morokrengan untuk parameter TS (*total solids*).



Gambar 4. Kualitas air Boezem Morokrengan untuk parameter TSS (*total suspended solids*).

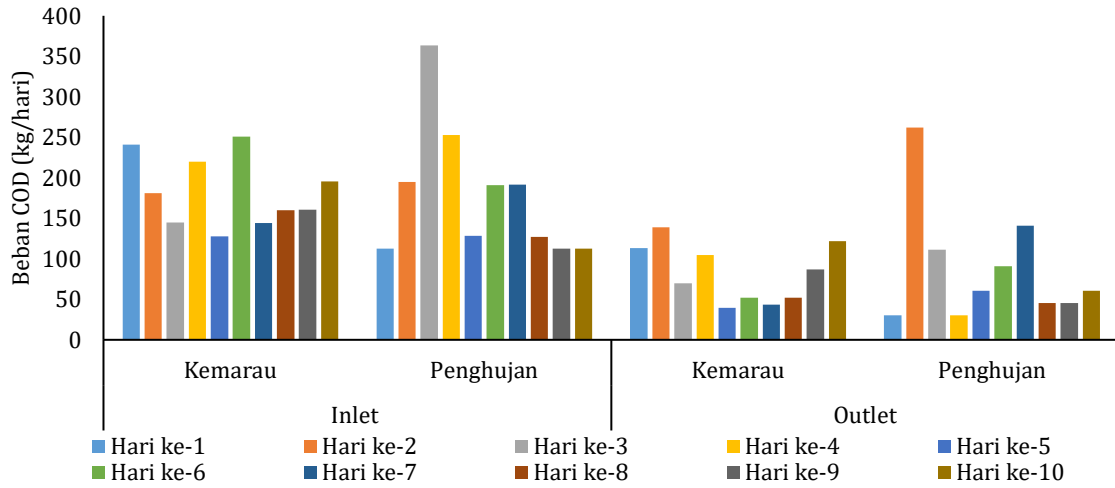


Gambar 5. Kualitas air Boezem Morokrempangan untuk parameter DO (*dissolved oxygen*).

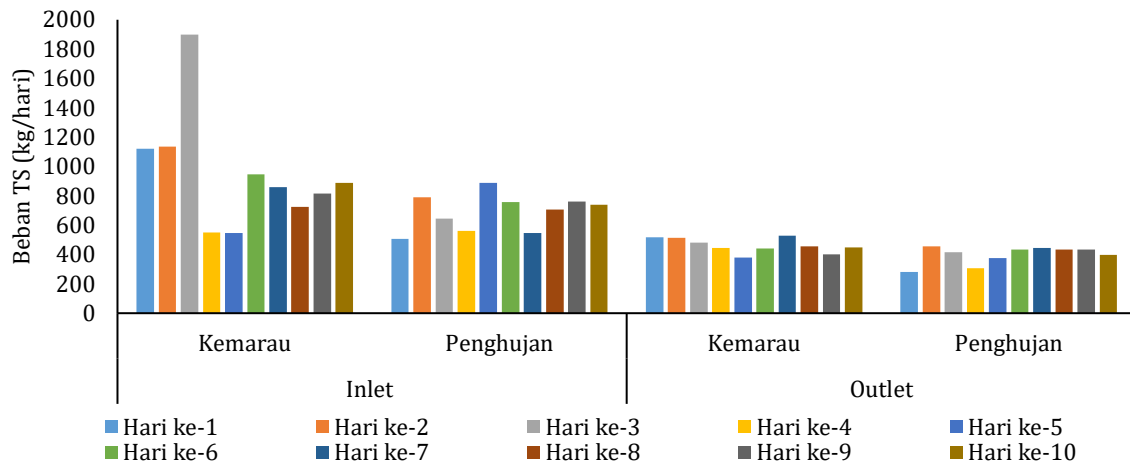
3.2. Beban pencemar

Analisis beban yang masuk ke Boezem Morokrempangan dilakukan pada *inlet* Kali Greges (titik 1) dan Kali Purwodadi (titik 5), sedangkan *outlet* berada di titik 2. Beban rerata pencemar COD (**Gambar 6**) dalam 10 hari *sampling* menunjukkan bahwa pada musim kemarau di *inlet* dan *outlet* sebesar 182,574 kg/day dan 82,189 kg/hari, sedangkan pada musim penghujan di *inlet* dan *outlet* sebesar 178,71 kg/hari dan 87,725 kg/hari, masing-masing. Beban rerata pencemar TS (**Gambar 7**) pada musim kemarau di *inlet* dan *outlet* adalah sebesar 949,273 kg/hari dan 461,172 kg/hari, sedangkan pada musim hujan di *inlet* dan *outlet* sebesar 690,102 kg/hari dan 397,281 kg/hari. Untuk beban rerata pencemar TSS (**Gambar 8**) pada musim kemarau di *inlet* dan *outlet* sebesar 38,056 kg/hari dan 16,958 kg/hari, sedangkan pada musim hujan di *inlet* dan *outlet* sebesar 38,759 kg/hari dan 19,063 kg/hari.

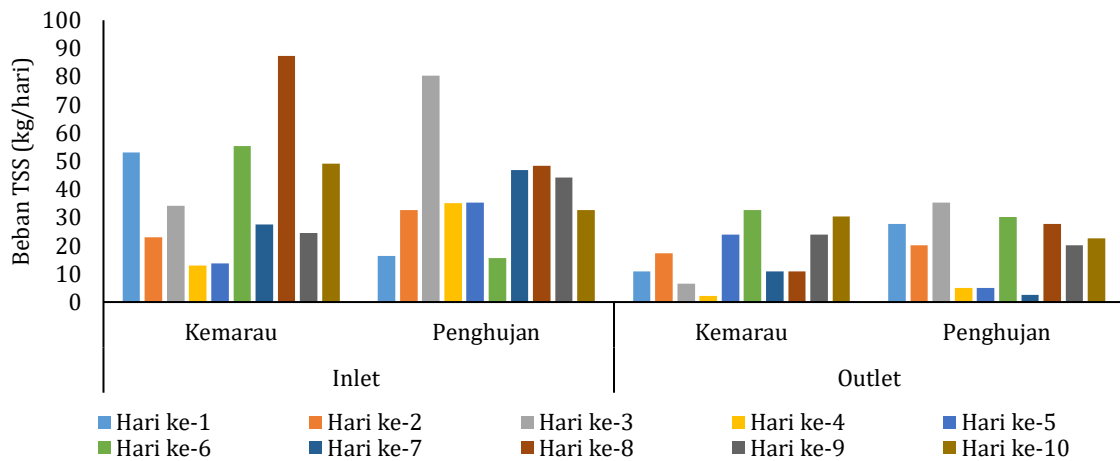
Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban pencemar rerata yang masuk ke Boezem Morokrempangan lebih tinggi di musim kemarau daripada musim penghujan. Musim penghujan dapat mempengaruhi jumlah zat pencemar yang masuk ke boezem karena melalui limpasan air hujan dengan tingkat tertentu mampu menghilangkan kandungan kontaminan tersebut (Nurjanah 2018).



Gambar 6. Beban pencemar Boezem Morokrempangan untuk parameter COD.



Gambar 7. Beban pencemar Boezem Morokrempangan untuk parameter TS.



Gambar 8. Beban pencemar Boezem Morokrempangan untuk parameter TSS.

Beban pencemar dalam *inlet* dan *outlet* boezem menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dalam ketiga parameter beban pencemar di *inlet* lebih besar sekitar 50% daripada di *outlet* boezem. Hal ini mengindikasikan adanya proses penyisihan yang terjadi di dalam boezem, sehingga nilai beban pencemar di *outlet* sudah tidak setinggi di *inlet*, namun nilainya masih melebihi baku mutu kelas IV.

3.3. Kinerja penurunan parameter pencemar

Perhitungan efisiensi penurunan pencemar dalam penelitian ini berbasis neraca massa, hasilnya tersaji dalam **Tabel 1**. Hasil analisis parameter COD, TS, dan TSS menunjukkan bahwa efisiensi penurunan pencemar lebih baik di musim hujan daripada musim kemarau, kecuali untuk parameter TS. Konsentrasi COD, TS, dan TSS pada musim hujan berhasil diturunkan hingga 22,10%, 8,65%, dan 19,50%, masing-masing. Pada musim kemarau, konsentrasi COD, TS, dan TSS berhasil diturunkan dengan efisiensi 17,18%, 10,63%, dan 18,01%, masing-masing. Namun, hasil penurunan konsentrasi pencemar di *outlet* boezem baik musim kemarau dan musim hujan masih belum memenuhi baku mutu badan air kelas IV untuk parameter COD.

Hasil penelitian serupa juga menunjukkan hasil yang sama terhadap rerata penyisihan parameter COD, TS, dan TSS di Boezem Morokrempangan (Slamet 2016). Lebih lanjut, kinerja Boezem Morokrempangan memiliki nilai yang rendah, artinya boezem telah kehilangan pemulihan diri atau *self-purification*. Kemampuan *self-purification* boezem salah satunya dipengaruhi oleh suhu, indikasi ini terbukti dengan nilai efisiensi penurunan parameter pencemar di musim kemarau lebih rendah daripada di musim penghujan (Salih *et al.* 2021). Dengan suhu air boezem yang lebih tinggi di musim kemarau, kemampuan *self-purification* boezem mengalami penurunan daripada musim penghujan.

Tabel 1. Efisiensi penurunan pencemar.

Parameter	Konsentrasi <i>inlet</i> rerata (mg/L)		Konsentrasi <i>outlet</i> rerata (mg/L)		Efisiensi (%)	
	Musim kemarau	Musim hujan	Musim kemarau	Musim hujan	Musim kemarau	Musim hujan
COD	182,57	178,69	151,20	139,20	17,18	22,10
TS	949,27	690,10	848,40	630,40	10,63	8,65
TSS	38,06	38,76	31,20	31,20	18,01	19,50

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa kualitas air Boezem Morokrempangan telah tercemar berat dan melebihi baku mutu badan air kelas IV berdasarkan parameter COD, DO, pH, TS, dan temperatur. Konsentrasi dan beban pencemar yang masuk ke Boezem Morokrempangan mengakibatkan akumulasi lumpur yang berakibat pada pendangkalan boezem. Kinerja Boezem Morokrempangan dalam penyisihan parameter pencemar lebih baik pada musim hujan daripada musim kemarau. Secara keseluruhan, kemampuan boezem dalam menurunkan parameter pencemar tergolong rendah yang mengakibatkan air limbah yang akan keluar dari boezem masih belum memenuhi baku mutu. Oleh karena itu, kami menyarankan untuk melakukan peningkatan kemampuan pemulihan Boezem Morokrempangan menggunakan beberapa metode biologis yang telah terbukti efektif.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Agwu EJ, Odanwu SE, Ezewudo BI, Odo GE, Nzei JI, Iheanacho SC and Islam MS. 2023. Assessment of water quality status using heavy metal pollution indices: a case from Eha-Amufu catchment area of Ebonyi River, Nigeria. *Acta Ecologica Sinica* 43(6):989-1000.
- Baihaqi ZA dan Soebagio. 2021. Perencanaan saluran pematuan Boezem Selatan Morokrempangan Surabaya. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi* 9(2): 113–119.
- Buta B, Wiatkowski M, Gruss T, Tomczyk P and Kasperek R. 2023. Spatio-temporal evolution of eutrophication and water quality in the Turawa dam reservoir, Poland. *Nature* 13(9880):1-25.
- Fitrianingtyas R dan Slamet A. 2018. Studi pemetaan persebaran sedimen Boezem Morokrempangan. *Jurnal Teknik ITS* 7(1):F171-F176.
- Karnaningroem N and Paitaha EES. 2021. Study of the quality and status of water quality on reservoir water management efforts using a dynamic system approach (case study: Bozem Morokrempangan). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 799(1):1-10.
- Lasminto U. 2017. Studi potensi tampungan air sebagai sumber air baku Kota Surabaya. *IPTEK Journal of Proceedings Series* 3(5):43–49.

- Lkr A, Romeo Singh MR and Puro N. 2020. Assessment of water quality status of Doyang River, Nagaland, India, using water quality index. *Applied Water Science* 10(1):1–13.
- Moghadam SV, Jafarzadeh A, Matta A, Dessouky S, Hutchinson and Kapoor V. 2023. Water quality performance assessment of two stormwater detention basins located in the recharge zone of a karst aquifer. *Chemosphere* 339:1-12.
- Najih SME, Rasuda T, Ni'matuzahroh, Supriyanti A, Isnadina DRM and Oktavitri NI. 2020. Potency of biodiesel from sediment of coagulation- flocculation- sedimentation process using *Moringa oleifera* as coagulant. *Ecology, Environment and Conservation* 26(6):S64–S68
- Nurjanah P. 2018. Analisis pengaruh curah hujan terhadap kualitas air parameter mikrobiologi dan status mutu air di Sungai Code, Yogyakarta. *Universitas Islam Indonesia* 1(20):1–14
- Ratnawati R, Nurhayati I dan Sari VY. 2020. Pengaruh konsentrasi unsur kalium, karbon, dan aerasi pada bioremediasi air limbah boezem dengan high rate algae pond. *Teknik* 41(2):119–125.
- Salih NYH, Mohammad AO and Mohammed FO. 2021. Study on the self-purification of Tanjaro River. *Tikrit Journal for Agriculture Sciences* 21(4):54-62
- Slamet A. 2016. Peningkatan fungsi Boezem Morokrempangan sebagai pengolah air limbah perkotaan menggunakan sistem alga-bakteri [Disertasi]. Bidang Keahlian Teknik Lingkungan, Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Slamet A and Hermana J. 2012. Effect of light exposure and water depth on the performance of algae reactor during the treatment of Surabaya municipal wastewater. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences* 2(12):615–619.
- Suriadikusumah A, Mulyani O, Sudirja R, Sofyan ET, Maulana MHR and Mulyono A. 2021. Analysis of the water quality at Cipeusing River, Indonesia using the pollution index method. *Acta Ecologica Sinica* 41(3):177–182.
- Yang L, Wang Y, Wang Y, Wang S, Yue J, Guan G, Guo Y, Zhang Y and Zhang Q. 2023. Water quality improvement project for initial rainwater pollution and its performance evaluation. *Environmental Research* 237:1-12.

Zhang M, Wang L, Xu C and Huang X. 2022. Water quality change and pollution source accounting of Licun River under long-term governance. *Nature* 12(2779):1-11.