

**Kualitas Air Daerah Aliran Sungai Dendeng Dan Pemanfaatan Data
Bagi Manajemen Lingkungan**
*The Water Quality of Dendeng Watershed and Data Uses for Environmental
Management*

Vebronia M. D. Solo

UPTD Laboratorium Lingkungan, DLHK Kota Kupang

Jl. Aniba, Kel. Pasir Panjang, Kota Kupang

E-mail: vebroniasolo@gmail.com

Abstract *The water quality monitoring program (WQM) of Dendeng watershed plays an essential role in supporting water quality management and pollution control in Kupang Municipality. This requires an optimal WQM framework. Therefore, this study aimed at evaluating the effectivity of WQM at Dendeng watershed by: (1) assessing its water quality as well as its spatial and temporal variabilities, (2) identifying technical and management challenges in the current WQM as well as its implication on formulating environmental management and policy. For the purposes, WQM data Dendeng watershed between 2018 and 2019 was statistically analysed by performing two-way Anova and Cluster analysis. Next, a SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats) was implemented by an interview and assessing documents related the existing WQM in Kupang. Results showed that pH, TDS, and COD still met national standard of water quality, while DO, E.coli, and total coliform in several sampling points and monitoring times did not reveal the same result. The water quality in upstream and downstream were different significantly. The water quality was considerably poor in September and November. Nonetheless, the WQM data has not been adequately comprehensive in fulfilling data requirements for environmental management and policy in Kupang Municipality. Thus, the Kupang Municipal Government needs an optimization of its existing WQM.*

Keywords: environmental management, water quality monitoring, water quality, Dendeng watershed

Abstrak. Pemantauan kualitas air daerah aliran sungai DAS Dendeng berperan penting dalam mendukung upaya-upaya pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air di Kota Kupang. Hal ini perlu ditunjang dengan suatu skema kerja pemantauan yang optimal. Karena itu, kajian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pelaksanaan pemantauan kualitas air DAS Dendeng dengan (1) menilai kualitas air DAS Dendeng serta variasi-variasi spasial dan temporalnya; (2) mengidentifikasi kendala-kendala teknis dan manajemen dalam pelaksanaan pemantauan kualitas air serta implikasinya bagi perumusan manajemen dan kebijakan lingkungan. Untuk itu, data hasil pemantauan kualitas air DAS Dendeng tahun 2018-2019 dianalisa secara statistik dengan anova dua arah dan analisa klaster. Selanjutnya, dilakukan analisa SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats*) melalui wawancara dan penilaian dokumen kegiatan pemantauan kualitas air di Kota Kupang. Hasil analisa menunjukkan bahwa konsentrasi pH, TDS, TSS, dan COD terpantau masih memenuhi rentang baku mutu yang dipersyaratkan, sedangkan kadar DO, *E. coli*, dan Total Coliform terpantau tidak memenuhi baku mutu di beberapa lokasi dan waktu pemantauan. Kualitas air di daerah hulu dan hilir sungai berbeda signifikan. Kualitas air cenderung lebih buruk pada pemantauan bulan September dan November. Hanya saja, data kualitas air yang ada belum cukup komprehensif untuk memenuhi sejumlah kebutuhan manajemen dan kebijakan lingkungan di Kota Kupang. Hal tersebut terjadi karena kurangnya koordinasi antar bidang teknis, terbatasnya sumber daya manusia dan dukungan dana, serta komitmen dalam pemanfaatan data kualitas lingkungan. Karena itu, Pemerintah Kota Kupang perlu melakukan optimalisasi terhadap kegiatan pemantauan kualitas air.

Kata kunci: manajemen lingkungan, pemantauan kualitas air, kualitas air, DAS Dendeng

PENDAHULUAN

Kota Kupang telah mengalami pertumbuhan penduduk dan urbanisasi yang pesat dalam beberapa waktu terakhir. Penduduk Kota Kupang diproyeksikan telah meningkat dari 336,24 juta jiwa di tahun 2010 menjadi 423,80 juta jiwa di tahun 2018, dengan rata-rata pertumbuhan penduduk sekitar 2,94% per tahun (BPS, 2019). Hal ini telah diikuti dengan meningkatnya alih fungsi lahan untuk pemukiman dan berbagai bentuk pembangunan untuk menunjang ekonomi masyarakat perkotaan, seperti hotel, restoran, dan pertokoan.

Perubahan tersebut telah memberikan tekanan besar bagi lingkungan. Aktivitas penduduk kota telah berdampak pada penurunan kuantitas air akibat meningkatnya kebutuhan air bersih (Haning, 2019). Kualitas air pun berpotensi menurun karena meningkatnya produksi limbah domestik dan buruknya sanitasi perkotaan (de Rozari, 2017).

Menimbang dampak-dampak tadi, Pemerintah Kota (Pemkot) Kupang perlu melakukan berbagai upaya pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Upaya ini selalu melibatkan kegiatan pemantauan kualitas air dan lingkungan. Kegiatan ini mencakup sampling, pengamatan lapangan, dan pengujian kualitas air untuk menilai karakteristik air secara fisika, kimia, dan biologi (Ward, Loftis, & McBride, 1986). Kegiatan ini akan menghasilkan data yang merupakan dasar informasi bagi perumusan manajemen dan kebijakan lingkungan (Behmel, Damour, Ludwig, & Rodriguez, 2016).

Di era perubahan iklim, manajemen dan kebijakan lingkungan perlu adaptif terhadap perubahan lingkungan yang dipicu berbagai aktivitas manusia. Untuk itu, pemantauan kualitas lingkungan perlu rutin dilakukan sehingga diperoleh data yang handal (*reliable*) dan merekam perubahan dari waktu ke waktu. Data seperti itu akan membantu masyarakat dan pengambil kebijakan untuk memahami kondisi lingkungan yang ada.

Menyadari pentingnya ketersediaan data, kegiatan pemantauan kualitas air telah menjadi agenda rutin Pemkot Kupang melalui institusi lingkungan hidupnya. Dengan adanya UPTD Laboratorium Lingkungan, pemantauan tersebut telah dilakukan secara mandiri sejak tahun 2012. Pemantauan rutin terfokus pada beberapa lokasi mata air, sementara pemantauan terhadap sumur dilakukan dalam beberapa periode saja. Namun sejak tahun 2018, pemantauan rutin juga dilakukan terhadap daerah aliran sungai (DAS) Dendeng yang merupakan salah satu sungai prioritas di Indonesia (de Rozari, 2017). DAS ini juga merupakan bagian dari sistem drainase primer di Kota Kupang yang perlu dipelihara kelestariaannya (Pemerintah Kota Kupang, 2017, hal. II-54). Data kualitas air DAS Dendeng diharapkan dapat digunakan untuk perhitungan Indeks Kualitas Air (IKA) dan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) setiap tahun, serta kebutuhan lain di area manajemen dan kebijakan lingkungan.

Hanya saja, pemantauan kualitas air seringkali tidak diarahkan bagi penyediaan data bagi pengambilan-pengambilan keputusan di bidang lingkungan hidup (Srebotnjak, Carr, de Sherbinin, & Rickwood, 2012). Hal ini menjadikan satu institusi kaya data tapi minim informasi lingkungan (Ward et al., 1986). Untuk itu diperlukan evaluasi terhadap kegiatan pembantuan kualitas air yang dilakukan Pemkot sehingga kita bisa mengidentifikasi aspek-aspek yang mempengaruhi minimnya kontribusi data bagi perumusan manajemen dan kebijakan lingkungan.

Terkait hal ini, kajian yang dilakukan de Rozari (2017) telah memberikan gambaran tentang aspek-aspek teknis dan manajemen yang diperlukan Pemkot dalam manajemen sumber daya air DAS Dendeng. Penilaian terhadap sumber-sumber pencemar memerlukan ketersediaan data parameter-parameter kualitas air yang komprehensif untuk perhitungan indeks kualitas air dan beban pencemar. Melalui perhitungan tersebut kita bisa menentukan status mutu air,

mengidentifikasi sumber-sumber pencemaran dan menentukan upaya-upaya strategis untuk pengelolaan kualitas air (Bahri, Kadir, Suyanto, & Lilimantik, 2019; Eko, Syarifuddin, & Jalius, 2018).

Disamping itu beberapa kajian terkait manajemen kualitas air di Indonesia juga menekankan pentingnya kerjasama antar stakeholder demi mendukung adanya manajemen lingkungan yang adaptif terhadap perubahan iklim maupun peningkatan aktivitas manusia (Haidir, Namara, Chayati, & Muhammad, 2016; Simanjuntak, Namara, Chayati, & Muhammad, 2016). Kerjasama tersebut masih perlu didorong karena pengelolaan kualitas air sungai seringkali tidak efektif karena lemahnya koordinasi antar lembaga pemerintah (Haidir et al., 2016). Koordinasi yang belum optimal seringkali ditemukan dalam pengawasan pencemaran dan sosialisasi peraturan-peraturan di bidang lingkungan hidup (Simanjuntak et al., 2016), serta upaya-upaya pengendalian pencemaran air (Yohannes, Utomo, & Agustina, 2019). Selain itu, regulasi terkait manajemen kualitas air belum diimplementasikan secara baik karena adanya keterbatasan-keterbatasan finansial, teknis dan partisipasi masyarakat (Rarasati & Fadhila Muhammad, 2017).

Kajian-kajian tadi telah menyumbang saran-saran bermanfaat dalam mewujudkan adanya sistem kerja terintegratif yang melibatkan berbagai stakeholder dalam manajemen sumber daya air. Namun kajian-kajian tadi belum menyentuh penilaian terhadap skema kerja pemantauan kualitas air yang dijalankan pemerintah daerah, khususnya dalam institusi lingkungan hidup dan mengidentifikasi kendala-kendala yang menghambat pemanfaatan data sebagai sumber informasi lingkungan. Penilaian seperti ini diperlukan dalam proses optimalisasi program-program kualitas lingkungan sehingga tujuan pemantauan kualitas lingkungan bisa menjawab kebutuhan di area manajemen.

Berdasarkan uraian-uraian tadi, kajian ini kemudian bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pelaksanaan pemantauan kualitas air DAS Dendeng dengan pertama-tama menilai kualitas air DAS Dendeng serta variasi-variasi spasial dan temporalnya; kemudian mengidentifikasi kendala-kendala teknis dan manajemen dalam kegiatan pemantauan kualitas air yang telah dijalankan dan implikasinya bagi manajemen dan kebijakan lingkungan di Kota Kupang. Kajian ini diharapkan bisa menyumbang saran-saran konstruktif bagi Pemkot Kupang dan Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) untuk mengoptimalkan program-program pemantauan kualitas lingkungan yang ada.

METODOLOGI

Kajian ini dibagi dalam dua bagian. Bagian pertama yaitu analisa data kualitas air DAS Dendeng untuk menilai kesesuaiannya dengan baku mutu serta variasi-variasi spasial dan temporalnya. Kemudian di bagian selanjutnya akan dilakukan analisa SWOT (*Strengths, Weaknesses, Oportunities, and Threats*) untuk menilai kontribusi data kualitas air sebagai sumber informasi bagi manajemen dan kebijakan lingkungan hidup di Kota Kupang.

Sumber Data dan Deskripsi Lokasi Pemantauan

Kajian ini menggunakan data hasil pemantauan kualitas air DAS Dendeng yang dilakukan oleh UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) Kota Kupang tahun 2018-2019. Pemantauan sungai ini diharapkan dapat menyediakan data bagi perhitungan indeks kualitas air (IKA) dan indeks kualitas lingkungan hidup (IKLH) di Kota Kupang.

DAS Dendeng ini merupakan salah satu dari 35 sungai penting di Indonesia dan merupakan bagian dari sistem drainase primer di kota Kupang (Pemerintah Kota Kupang, 2017). DAS ini bermuara di pantai Lai-Lai Bisik Kopan (LLBK), dengan luas

daerah sungai sekitar 47,73 km² dan panjang 11,8 km (Pemerintah Kota Kupang, 2017).

Ada delapan titik sampling yang dipantau (**Gambar 1**) sepanjang periode itu. Namun tidak semua lokasi pemantauan konsisten dipantau karena berbagai kendala teknis. Kali Kuda (S02) dan Kali Mapoli (S03), misalnya sering ditemukan kering pada bulan September dan November. Selain itu, karena kendala logistik, pemantauan pada titik sampling Kali Sembunyi 3 (S06) tidak dilakukan pada tahun 2019. Karena itu, kajian ini lebih terfokus pada lima titik sampling yang konsisten dipantau sepanjang tahun 2018-2019 (Tabel 1).



Gambar 1. Peta titik sampling pemantauan kualitas air DAS Dendeng

Tabel 1. Titik pantau DAS Dendeng yang akan dianalisa

No	Lokasi	Kode	Kecamatan	Kelurahan	Koordinat	
					S	E
1	Kali Biknoi	S1	Kota Raja	Bakunase II	10 ⁰ 11.105'	123 ⁰ 35.840'
2	Kali Sembunyi 1	S2	Kota Raja	Nunleu	10 ⁰ 10.538'	123 ⁰ 35.421'
3	Kali Sembunyi 2	S3	Kota Raja	Nunleu	10 ⁰ 10.484'	123 ⁰ 35.379'
4	Kali Fontein 1	S4	Kota Raja	Fontein	10 ⁰ 10.350'	123 ⁰ 35.003'
5	Kali Fontein 2	S5	Kota Raja	Fontein	10 ⁰ 10.209'	123 ⁰ 34.996'

Titik sampling Kali Biknoi (S1) terletak di tengah kawasan pemukiman. Di bagian utara terdapat area kosong dengan beberapa tanaman dan ada sebuah rumah dengan kandang babi dan kamar mandi di bagian utara dengan jarak kurang lebih 20 meter dari daerah aliran sungai. Sementara itu, S2 (Kali Sembunyi 1) dan S3 (Kali Sembunyi 2) berada dalam satu kelurahan. Pemukiman penduduk berada dekat dengan DAS Dendeng. Beberapa penduduk memanfaatkan lahan rumahnya

untuk bertani dan memelihara ternak. Sebagian kandang ternak, dapur, dan kamar mandi berada persis di tepi kali. Lebar kali S2 lebih kecil dari S3, dengan pemanfaatan air kali yang tinggi untuk mandi dan mencuci pakaian. Ada sumur dangkal tak jauh dari titik sampling S2 yang dimanfaatkan warga untuk keperluan rumah tangga. Tidak ada pemanfaatan air yang sama di S3. Titik itu penuh dengan sampah-sampah plastik dan aliran air limbah dari rumah-rumah penduduk membuat air disana berbau menyengat. Selanjutnya, titik sampling S4 (Kali Fontein 1) berada persis di bawah bendungan Fontein, sedangkan titik S5 (Kali Fontein 2) berada di bawahnya, pada area yang sering dimanfaatkan masyarakat untuk mandi dan mencuci pakaian.

Pemantauan kualitas air berlangsung tiga kali dalam setahun selama periode tersebut. Frekuensi tersebut merupakan frekuensi pemantauan minimal berdasarkan

arahan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) untuk pemantauan kualitas air sungai di wilayah Kabupaten/Kota. Pada tahun 2018, pemantauan dilakukan pada bulan Juli (W1), September (W2), dan November (W3). Sementara pada tahun 2019 dilakukan pada bulan April (W4), September (W5) dan November (W6). Sampling dan pengujian kualitas air dilakukan oleh analis bersertifikat dan mengacu pada metode-metode standar yang telah ditetapkan (Tabel 2).

Tabel 2. Jenis kegiatan dan acuan metode pengujian kualitas air

No	Kegiatan	Metode	Acuan	Jenis Analisa
1.	Sampling	Pengambilan contoh air permukaan	SNI 6989.57:2008	<i>In situ</i>
2.	Pengukuran/pengujian parameter			
	• Suhu	Termometer	SNI 06-6989.23-2005	<i>In situ</i>
	• pH	Elektrokimia	SNI 06-6989.11-2004	<i>In situ</i>
	• Daya Hantar Listrik (DHL)	Elektrokimia	SNI 06-6989.1-2004	<i>In situ</i>
	• Salinitas	Elektrokimia	SNI 06-6989.1-2004	<i>In situ</i>
	• Total Dissolved Solid (TDS)	Elektrokimia	SNI 06-6989.1-2004	<i>In situ</i>
	• Dissolved Oxygen (DO)	Elektrokimia	SNI 06-2425-1991	<i>In situ</i>
	• Kekeruhan	Nefelometer	SNI 06-6989.25-2005	<i>In situ</i>
	• Total Suspended Solid (TSS)	Gravimetri	SNI 06-6989.2-2009	Laboratorium
	• Chemical Oxygen Demand (COD)	Spektrofotometer (Refluks Tertutup)	SNI 6989.2:2009	Laboratorium
	• <i>E.coli</i>	Petri film	-	Laboratorium
	• Total Coliform	Petri film	-	Laboratorium

Analisa Data Kualitas Air

Data hasil pemantauan dibandingkan dengan baku mutu air berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 (PP 82/2001) tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Perbandingan ini menggunakan kriteria air kelas II, yaitu "air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar,

peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.” Kriteria ini dipakai karena tidak ada pemanfaatan air sungai untuk air minum di titik-titik yang dipantau.

Selanjutnya, variasi-variasi spasial dan temporal pada kualitas air dianalisa secara statistik dengan uji Anova dua arah dan dilanjutkan dengan uji beda nyata jujur (BNJ) untuk hasil yang ditemukan berbeda signifikan (Rodrigues et al., 2018). Uji ini dipilih untuk mengevaluasi apakah ada perbedaan yang signifikan pada rata-rata setiap parameter kualitas air antar lokasi dan waktu pemantauan. Semua analisa dilakukan pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$).

Selanjutnya dilakukan analisa kluster hirarki untuk mengelompokkan titik-titik sampling dan waktu pemantauan berdasarkan kemiripan karakteristik airnya (Kılıç & Yücel, 2019). Pada analisa kluster, tidak boleh ada multikorelasi antar parameter kualitas air. Karena itu, uji korelasi akan dilakukan dan parameter dengan korelasi paling kuat dan yang memiliki nilai faktor inflasi penyimpangan baku kuadrat (*variance inflation factor*, VIF) lebih dari 10 akan diabaikan. Seluruh proses pengolahan data untuk analisa statistik ini dilakukan dengan R *software version* 4.0.2.

Evaluasi program pemantauan kualitas air

Penilaian kualitas air sangat dipengaruhi oleh bagaimana desain pemantauan kualitas air dilakukan. Karena itu, pada bagian selanjutnya akan dilakukan analisa SWOT (*Strenghts, Weaknesses, Oportunities, and Threats*) terhadap skema kerja pemantauan kualitas air DAS Dendeng yang telah dijalankan. Penilaian akan terfokus pada bagaimana tujuan pemantauan kualitas air DAS dapat mendukung pemanfaatan data untuk manajemen dan kebijakan lingkungan hidup. Penilaian ini dilakukan melalui (1) wawancara dengan pimpinan UPTD Laboratorium dan bidang-bidang teknis terkait dalam DLHK Kota Kupang yang program kerjanya melibatkan pemanfaatan data kualitas air, serta (2) evaluasi terhadap beberapa dokumen terkait kegiatan pemantauan kualitas air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3 memberikan gambaran umum tentang kualitas air DAS Dendeng Interpretasi data disajikan dalam beberapa sub bagian – sub bagian terkait.

Tabel 3. Hasil pemantauan kualitas air DAS Dendeng Tahun 2018-2019

Parameter	Satuan		S1	S2	S3	S4	S5
Suhu Udara	(°C)	Minimal	27,50	28,00	27,80	29,50	31,00
		Median	29,75	31,00	32,00	31,25	31,50
		Rata-rata	29,75	30,82	31,53	31,33	31,50
		Maksimal	32,00	32,50	33,00	34,00	32,50
Suhu Air	(°C)	Minimal	24,50	25,90	25,20	27,00	27,00
		Median	25,60	28,25	27,45	27,55	29,00
		Rata-rata	26,03	28,17	27,68	27,63	28,36
		Maksimal	28,00	29,50	30,00	28,50	29,00
pH	-	Minimal	7,37	6,83	7,12	6,99	7,20
		Median	7,55	7,12	7,46	7,41	7,51
		Rata-rata	7,56	7,20	7,48	7,36	7,44
		Maksimal	7,80	7,83	8,03	7,64	7,70
DHL	$\mu\text{S/cm}$	Minimal	479,1	520,0	409,0	554,7	583,0
		Median	530,2	644,5	587,5	589,5	594,0

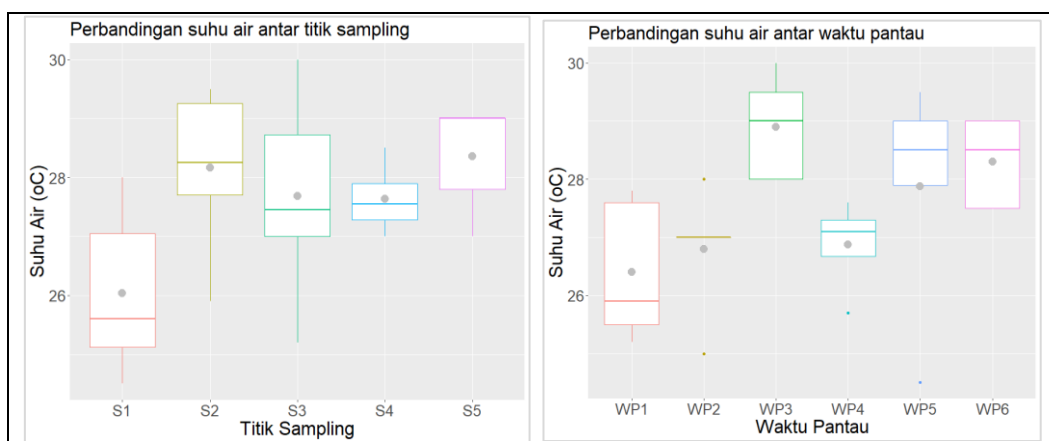
		Rata-rata	529,1	629,1	562,8	583,4	591,9
		Maksimal	592,3	701,7	649,7	611,0	595,0
Salinitas	mg/L	Minimal	292,2	338,0	329,0	360,7	379,7
		Median	344,8	420,3	397,1	382,8	386,3
		Rata-rata	341,2	409,1	388,6	378,8	387,5
		Maksimal	385,3	454,7	422,7	399,0	399,0

Tabel 3. Hasil pemantauan kualitas air DAS Dendeng Tahun 2018-2019 (lanjutan)

Parameter	Satuan		S1	S2	S3	S4	S5
TDS	mg/L	Minimal	224,5	259,0	253,0	276,7	291,7
		Median	265,0	323,2	315,8	294,5	297,3
		Rata-Rata	262,7	313,9	300,9	291,3	297,7
		Maksimal	296,0	351,0	324,7	305,0	305,0
DO	mg/L	Minimal	1,60	3,15	2,70	5,80	5,52
		Median	3,80	4,44	3,80	6,47	6,80
		Rata-rata	3,56	4,36	4,19	6,66	5,52
		Maksimal	5,17	5,59	5,58	7,43	7,12
Kekeruhan	NTU	Minimal	6,77	2,42	2,85	2,29	7,36
		Median	17,22	3,21	9,09	7,32	9,34
		Rata-rata	15,17	3,12	19,21	6,98	9,34
		Maksimal	21,53	3,73	45,70	11,34	11,32
TSS	mg/L	Minimal	0,20	<LOD	0,10	<LOD	1,50
		Median	2,25	1,00	1,50	1,75	2,00
		Rata-rata	4,70	1,25	2,27	1,50	4,40
		Maksimal	16,50	3,50	7,00	3,00	14,50
COD	mg/L	Minimal	10,05	3,17	7,41	5,82	2,38
		Median	12,17	7,41	9,52	6,88	5,29
		Rata-rata	11,46	6,17	9,70	6,53	4,58
		Maksimal	12,17	7,94	12,17	6,88	6,08
E Coli	jumlah/ 100 mL	Minimal	2000	10000	30000	2000	<LOD
		Median	4000	20000	54000	3000	<LOD
		Rata-rata	15333	18000	51333	5000	2000
		Maksimal	40000	24000	70000	10000	6000
Total Coliform	jumlah/ 100 mL	Minimal	41000	62000	87000	40000	13000
		Median	134000	130000	300000	57000	27000
		Rata-rata	345000	107333	249000	55667	73333
		Maksimal	860000	130000	360000	70000	180000

Suhu Air

Suhu air sepanjang pemantauan tahun 2018-2019 berkisar 24,5°C–30,5°C. Suhu air ini sedikit lebih tinggi dibandingkan nilai suhu air DAS Dendeng yang pernah dipantau pada tahun sebelumnya, yaitu sekitar 23°C– 28°C (de Rozari, 2017).



Gambar 2. Suhu Air DAS Dendeng

Hasil anova mengindikasikan bahwa ada perbedaan yang signifikan pada suhu air antar titik sampling ($p\text{-value} = 0,0026$) dan antar waktu pemantauan ($p\text{-value} = 0,0023$). Selanjutnya, uji BNJ menerangkan bahwa suhu air yang terpantau di S1 (Kali Biknoi) berbeda signifikan dengan suhu air di keempat titik pantau yang lain. Hal ini konsisten dengan distribusi nilai pada *boxplot* (Gambar 2) yang menerangkan bahwa suhu air terendah terpantau di S1 (Kali Biknoi), kemudian meningkat di bagian hilir sungai (S3–S5).

Kondisi tadi bisa dipengaruhi oleh perbedaan waktu pengamatan, suhu udara, dan kondisi lingkungan di sekitar lokasi sampling. Kegiatan sampling selalu dimulai dari S1 dan biasanya berlangsung pada pagi hari dan berakhir saat siang hari di S5. Suhu udara biasanya akan meningkat begitu lokasi pemantauan berpindah ke bagian hilir sungai. Menurut Caissie (2006), beberapa pengamatan menunjukkan bahwa suhu air di kepala sungai biasanya mendekati suhu air tanah, kemudian suhu air akan meningkat di daerah hilir sungai. Fluktuasi suhu air juga dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang diterima badan air. Suhu air cenderung rendah di pagi hari dan meningkat di siang hari.

Meski begitu, suhu air di S2 (Kali Sembunyi 1) terpantau jauh lebih tinggi daripada suhu air di S3 (Kali Sembunyi 2). Minimnya vegetasi di lingkungan sekitar lokasi sampling mungkin mempengaruhi hal itu. Intensitas radiasi matahari akan lebih tinggi di daerah sungai yang terbuka dengan kerapatan vegetasi kecil (Caissie, 2006). Vegetasi ini membantu dalam memberi naungan dan mengontrol intensitas matahari yang diterima badan air (Dugdale, Malcolm, Kantola, & Hannah, 2018; Marlina, Hudori, & Hafidh, 2017).

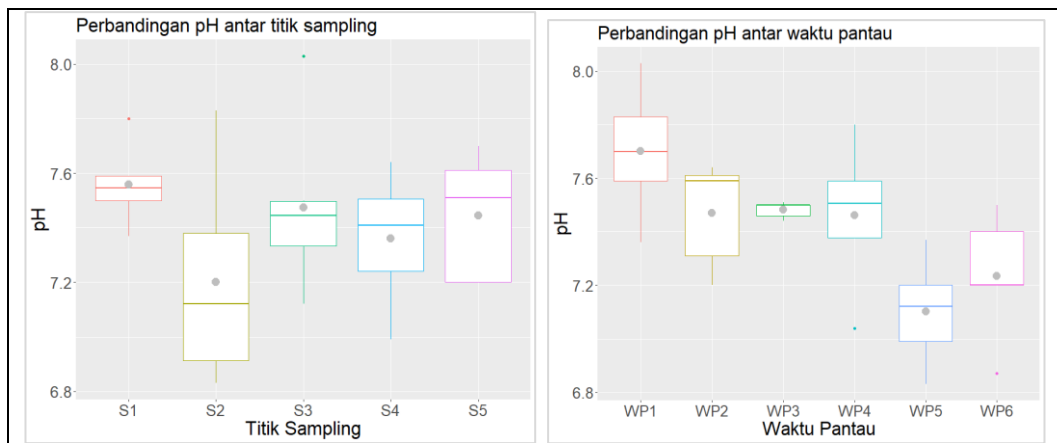
Selain itu, suhu air cenderung tinggi pada semua lokasi pada pemantauan bulan November 2018 (28,0°C–30°C). Uji BNJ kemudian mengindikasikan bahwa suhu air pada bulan tersebut berbeda signifikan dengan suhu air yang terpantau pada bulan Juli dan September 2018, serta bulan April 2019.

Perubahan suhu air bisa dipengaruhi oleh aktivitas manusia dan faktor iklim. Di daerah perkotaan, limpasan air dari area beraspal, pembangunan bendungan, dan ahli fungsi lahan hijau bisa mengakibatkan kenaikan suhu air (Chen, Hu, Guo, & Dahlgren, 2016; Hannah & Garner, 2015). Kenaikan suhu air juga berkorelasi positif dengan kenaikan suhu udara. Namun, rentang suhu udara pada bulan November 2018 (30°C–32°C) tidak lebih tinggi daripada bulan lainnya. Suhu air biasanya tidak begitu bervariasi dibandingkan suhu udara, karena kenaikan dan penurunan suhu air berlangsung lambat (Yang & Peterson, 2017). Selain dipengaruhi oleh suhu udara, pertukaran panas di badan air bisa dipengaruhi oleh panjang gelombang radiasi, kelembaban, curah hujan, dan kecepatan angin (Laizé, Bruna Meredith, Dunbar, & Hannah, 2017). Hanya saja, faktor-faktor ini tidak dipertimbangkan saat pemantauan dilakukan.

pH (Derajat Keasaman)

pH air pada pemantauan tahun 2018-2019 berkisar antara 6,83–8,03. Nilai pH yang terpantau pada semua titik sampling masih berada pada rentang baku mutu yang dipersyaratkan PP 82/2001 untuk kriteria air kelas II (6 – 9). Rentang nilai pH ini agak sedikit lebih bervariasi dibandingkan dengan rentang nilai pH yang dipantau pada tahun sebelumnya, yaitu 7,1 – 7,9 (de Rozari, 2017).

Uji Anova mengindikasikan bahwa ada perbedaan yang signifikan pada suhu air antar titik sampling ($p\text{-value} = 0,041$) pada waktu pemantauan ($p\text{-value} = 0,0013$). Berdasarkan uji BNJ, perbedaan yang signifikan itu terjadi antara S1 (Kali Biknoi) dan S2 (Kali Sembunyi 1) sebagaimana terlihat pada distribusi nilai pada *boxplot* (Gambar 3). Disana terlihat juga bahwa pH air cenderung lebih rendah di daerah hilir sungai, dengan pH terendah terpantau pada S2. Secara umum, nilai pH air yang terpantau di DAS Dendeng ini cenderung berada di atas 7 (cenderung bersifat basa), namun nilai pH menurun tajam pada dua pemantauan terakhir di tahun 2019 (pH < 7).

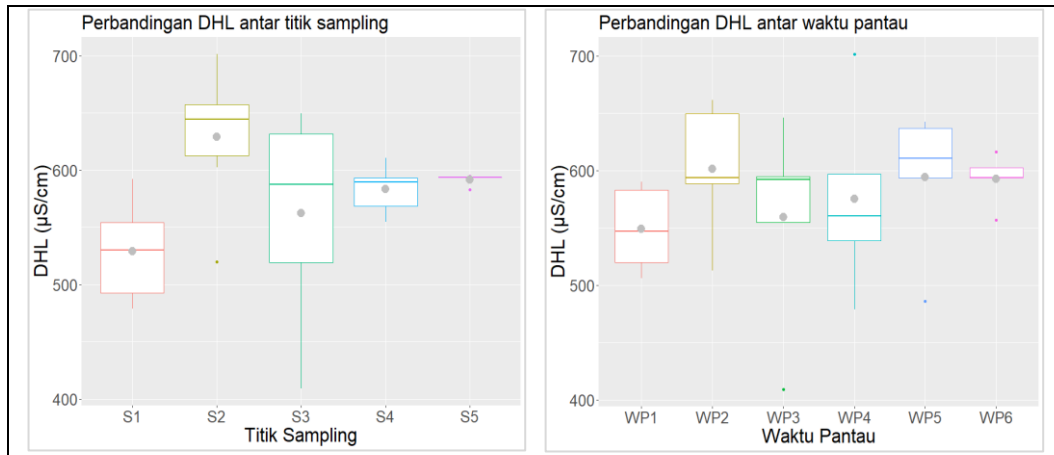


Gambar 3. pH Air DAS Dendeng

Menurunnya nilai pH bisa disebabkan oleh adanya karbon dioksida terlarut dan asam-asam organik dari pelapukan tumbuhan di badan air, penggunaan pestisida untuk pertanian atau limbah-limbah domestik (Khound & Bhattacharyya, 2018). Titik sampling S3 berdampingan dengan pemukiman penduduk dengan pemanfaatan air kali yang tinggi untuk mandi dan mencuci pakaian. Air kali di S2 menerima aliran air dari rumah-rumah penduduk di pemukiman sekitar dengan beberapa aktivitas bertani. Hal ini bisa saja mempengaruhi rendahnya pH di S2, terutama pada bulan September dan November 2019.

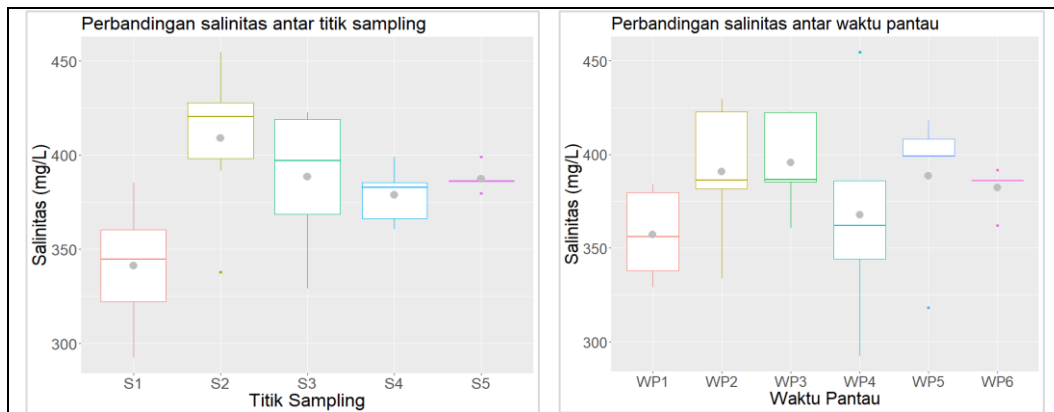
DHL, Salinitas, TDS

Daya Hantar Listrik (DHL) air tahun 2018-2019 berkisar antara 409,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – 701,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Konsentrasi DHL ini jauh lebih tinggi dibandingkan konsentrasi DHL (376 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – 568 $\mu\text{S}/\text{cm}$) yang pernah dipantau sebelumnya (de Rozari, 2017).



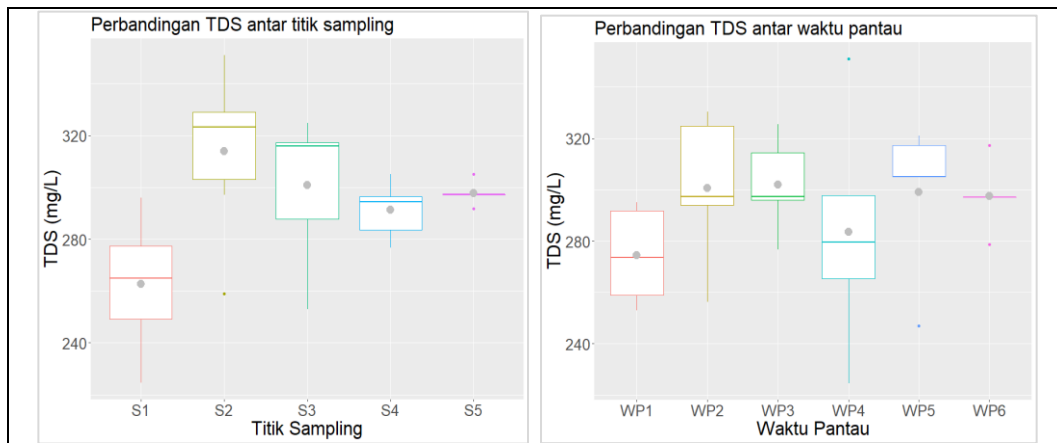
Gambar 4. Kadar DHL air DAS Dendeng

Sementara itu, rentang konsentrasi salinitas air DAS Dendeng berkisar antara 392 mg/L - 454,7 mg/L dan konsentrasi TDS (*Total Dissolved Solid*) antara 224,5 mg/L - 351,0 mg/L. Seperti DHL, ada peningkatan konsentrasi total padatan terlarut (TDS) pada DAS Dendeng dari pemantauan tahun sebelumnya, yaitu 189 mg/L - 301 mg/L (de Rozari, 2017). Meski begitu, semua nilai TDS yang terpantau masih dalam rentang baku mutu air kelas II yang dipersyaratkan oleh PP 82/2001 (1000 mg/L).



Gambar 5. Kadar salinitas Air DAS Dendeng

Pola perubahan konsentrasi nilai DHL, salinitas, dan TDS dari hulu ke hilir DAS Dendeng cenderung seragam (Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6). Konsentrasi ketiga parameter rendah di S1 kemudian perlahan meningkat pada titik-titik menuju bagian hulu sungai, dengan konsentrasi paling tinggi terpantau di S2.



Gambar 6. Kadar TDS air DAS Dendeng

Hasil uji Anova hanya menerangkan adanya perbedaan signifikan pada konsentrasi salinitas dan TDS air antara lokasi pemantauan (p -value salinitas = 0,013 p -value TDS = 0,015). Sama seperti pH, BNJ juga mengindikasikan adanya perbedaan signifikan pada nilai salinitas dan TDS antara S1 dan S2. Meski ada variasi konsentrasi ketiga parameter pada setiap lokasi antar waktu pemantauan satu dengan lainnya, namun perbedaannya tidak signifikan.

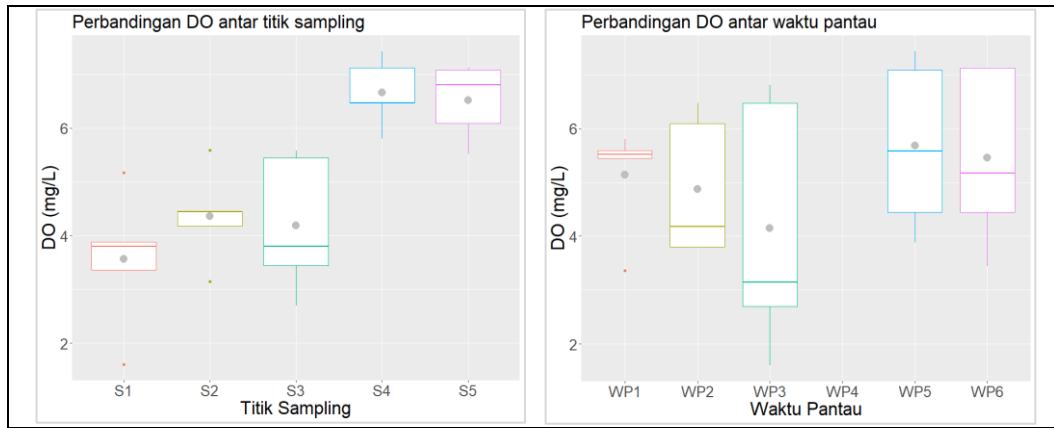
Akumulasi zat-zat terlarut di badan air akibat aktivitas manusia di lingkungan sekitar bisa saja meningkat di bagian hilir DAS Dendeng. Hal ini menyebabkan peningkatan jumlah total kation dan anion dalam badan air yang tergambar melalui peningkatan konsentrasi DHL, salinitas, dan TDS (Csuros, 1994).

Konsentrasi ketiga parameter cenderung tinggi di S2 (Kali Sembunyi 1) dan S3 (kali Sembunyi 2). Kedua titik sampling ini berada tak jauh dengan lokasi pemukiman. Perumahan penduduk berbatasan langsung dengan S2 dan aktivitas masyarakat untuk mandi dan mencuci pakaian selalu ramai disana. Meski aktivitas yang sama tidak dilakukan masyarakat sekitar di S3, namun lokasi S3 penuh sampah plastik dan menerima aliran limbah rumah tangga dari dapur dan kamar mandi serta kandang-kandang ternak yang berada tidak jauh dari DAS Dendeng. Aktivitas-aktivitas tadi bisa berkontribusi pada meningkatnya kelarutan senyawa-senyawa anorganik dalam badan air (seperti klorida, fosfat, dan nitrat) sehingga konsentrasi DHL, salinitas, dan TDS terpantau tinggi (Khound & Bhattacharyya, 2018; Vadde et al., 2018).

DO

Kadar *Dissolved oxygen* (DO) atau oksigen terlarut dalam air pada pemantauan tahun 2018-2019 berkisar antara 1,60 mg/L – 7,43 mg/L. Rentang nilai ini jauh lebih rendah daripada konsentrasi DO yang terpantau pada tahun 2017, yaitu antara 3,8 mg/L – 7,6 mg/L (de Rozari, 2017).

Baku mutu air kelas II berdasarkan PP 82/2001 mempersyaratkan nilai DO tidak boleh dibawah 4 mg/L. Dengan demikian, tidak satupun nilai DO yang terpantau di S1 (Kali Biknoi) pada pemantauan tahun 2018 memenuhi baku mutu. Kadar DO masih rendah pada pemantauan bulan September 2019 (3,88 mg/L), namun kemudian meningkat dan memenuhi baku mutu pada pemantauan bulan November 2019 (5,17 mg/L). Konsentrasi DO juga terpantau di bawah 4 mg/L di S2 (Kali Sembunyi 1) dan S3 (Kali Sembunyi 2) pada pemantauan bulan November 2018. Namun, di waktu pantau lainnya kadar DO di dua lokasi itu masih memenuhi baku mutu.



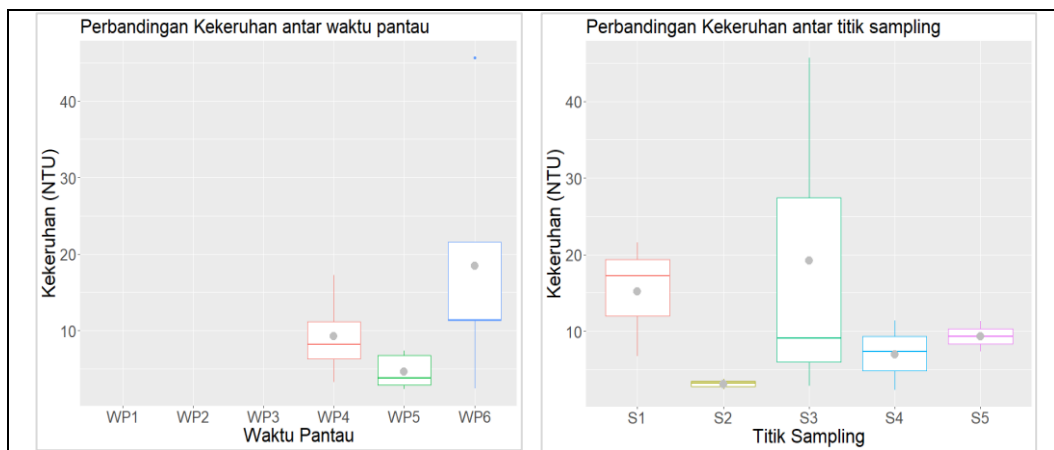
Gambar 7. Kadar DO air DAS Dendeng

Berdasarkan distribusi nilai DO pada *boxplot* (Gambar 7), kadar oksigen terlarut (DO) tampak rendah di S1 – S3, kemudian meningkat di Kali Fontein, S4 dan S5. Hasil Anova kemudian menerangkan bahwa ada perbedaan yang signifikan pada kadar DO antar titik sampling ($p\text{-value} = 6,428e-5$). Selanjutnya BNJ menerangkan bahwa konsentrasi DO di S4 dan S5 tidak berbeda signifikan, tapi konsentrasi DO di masing-masing titik sampling berbeda signifikan dengan S1, S2, dan S3.

Kadar DO yang rendah di S1-S3 mungkin terkait dengan tingginya konsentrasi nilai DHL, salinitas, TDS, serta *E.coli* dan *coliform* karena adanya potensi pencemaran dari aktivitas pemukiman yang jaraknya sangat dekat dengan aliran air kali dibandingkan dengan titik S4 dan S5. Tingginya konsentrasi parameter-parameter tadi bisa memicu penggunaan oksigen yang tinggi untuk reaksi-reaksi kimia dan biologi di badan air sehingga konsentrasi DO menurun.

Kekeruhan

Kekeruhan air pada kelima titik pantau berkisar antara 2,29 NTU – 45,70 NTU. Hasil Anova tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada kadar kekeruhan antar lokasi maupun waktu pemantauan.



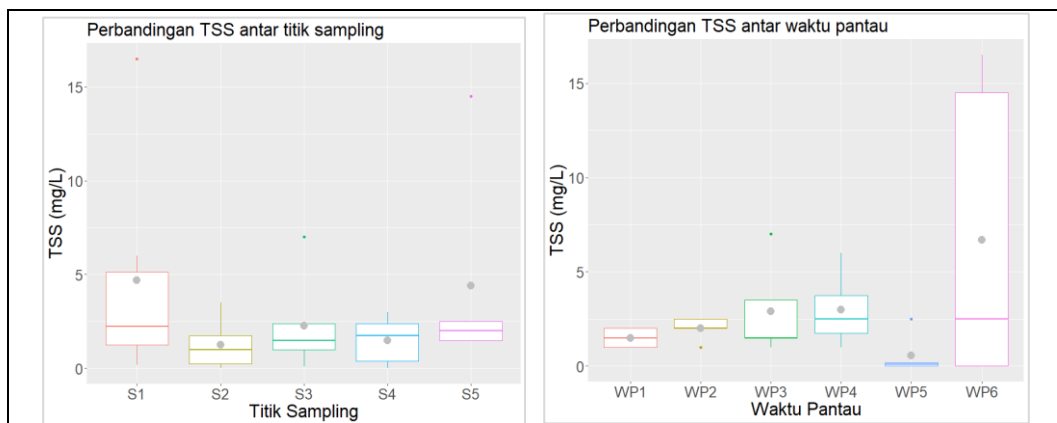
Gambar 8. Kadar kekeruhan air DAS Dendeng

Meski demikian, distribusi nilai pada *boxplot* (Gambar 8) menunjukkan bahwa kadar kekeruhan cenderung lebih bervariasi di S3 (Kali Sembunyi 2) dibandingkan keempat titik pantau lainnya. Selain itu, ada peningkatan kadar kekeruhan yang cukup tinggi di S3 pada bulan November 2019 (45,70 NTU). Nilai kekeruhan yang tinggi disana mungkin bisa dikaitkan dengan banyaknya sampah di aliran air dan

konstruksi jalan setapak dan got dari pemukiman sampai daerah pinggir kali yang tengah berlangsung saat sampling dilakukan.

TSS

Kadar *total suspended solid* (TSS) atau total padatan tersuspensi di kelima titik pantau berkisar antara 0,10 mg/L – 16,50 mg/L. Rentang kadar ini tidak jauh berbeda dengan kadar TSS yang dipantau tahun sebelumnya, 1 mg/L – 15 mg/L (de Rozari, 2017). Semua nilai TSS yang terpantau tadi masih memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan PP 82/2001 untuk kriteria air kelas II (50 mg/L). Meski kadar TSS tampak lebih tinggi di S1 (Gambar 9), namun hasil Anova tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada nilai TSS antar titik sampling dan waktu pemantauan.

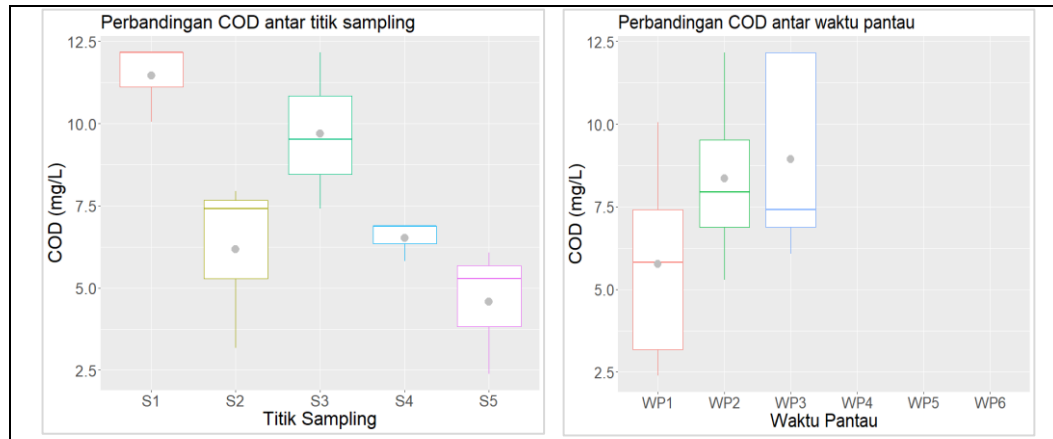


Gambar 9. Kadar TSS DAS Dendeng

Hal ini hampir serupa dengan pola kekeruhan. Pengamatan visual memang menunjukkan bahwa air lebih keruh di S1 dan S3 karena tingginya material padat di air. Di kedua titik, ada kandang ternak yang berdekatan dengan daerah aliran kali. Kotoran padat dari kandang ternak, residu-residu tumbuhan sepanjang kali, dan sampah-sampah plastik di air mungkin berkontribusi pada variasi nilai TSS DAS Dendeng.

COD

Kadar *chemical oxygen demand* (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi berkisar antara 2,38 mg/L – 12,17 mg/L. Kadar COD pada semua lokasi pemantauan masih memenuhi baku mutu air kelas II berdasarkan PP 82/2001 (25 mg/L). Rentang nilai COD yang terpantau tadi tidak begitu berbeda dengan hasil yang diperoleh de Rozari (2017) pada pemantauan sebelumnya (2,5 mg/L – 12,1 mg/L).



Gambar 10. Kadar COD Air DAS Dendeng

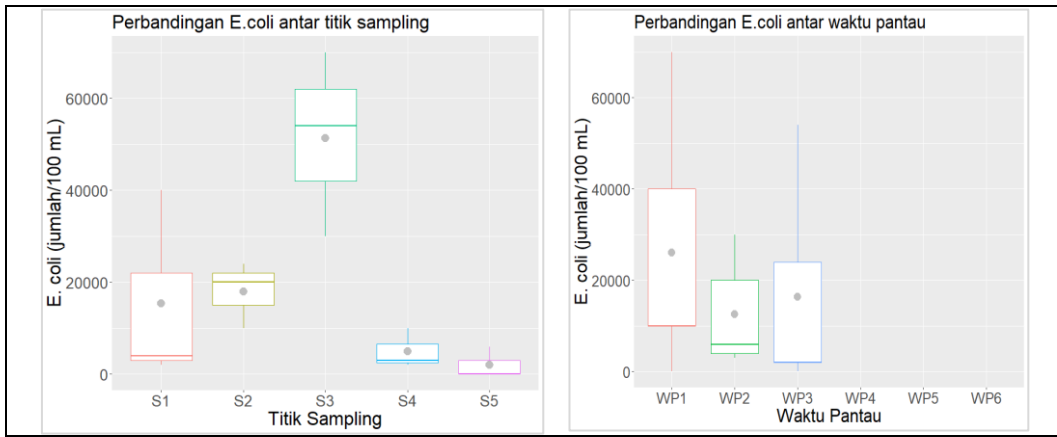
Hasil Anova kemudian menerangkan bahwa ada perbedaan yang signifikan pada kadar COD air antar titik sampling ($p\text{-value} = 0,00016$) dan waktu pemantauan ($p\text{-value} = 0,0021$). Berdasarkan BNJ, kadar COD di S1 (Kali Biknoi) dan S3 (Kali Sembunyi 2) tidak berbeda signifikan, namun kadar COD di masing-masing titik berbeda signifikan dengan ketiga titik lainnya. Hal ini konsisten dengan distribusi kadar COD pada *boxplot* (Gambar 10), dengan COD tertinggi terpantau di S1.

Titik sampling S1 dan S3 berada tidak jauh dari lokasi pemukiman. Ada beberapa rumah penduduk yang memelihara ternak dan memiliki kamar mandi yang dekat dengan aliran air. Selain itu, banyak sampah padat tersebar di aliran air di S3. Aliran air dari jalan, aktivitas rumah tangga, limbah cair dari dapur dan kandang ternak bisa saja berkontribusi pada meningkatnya kandungan senyawa organik pada badan air sehingga nilai COD meningkat (Khound & Bhattacharyya, 2018).

Selain itu, kadar COD terpantau paling rendah pada pemantauan bulan Juli 2018. Nilai COD di bulan itu berbeda signifikan dengan yang terpantau pada bulan September dan November 2018. Volume air cenderung menurun di bulan September dan November, sehingga konsentrasi senyawa organik bisa saja meningkat dan nilai COD terpantau tinggi pada kedua bulan tersebut.

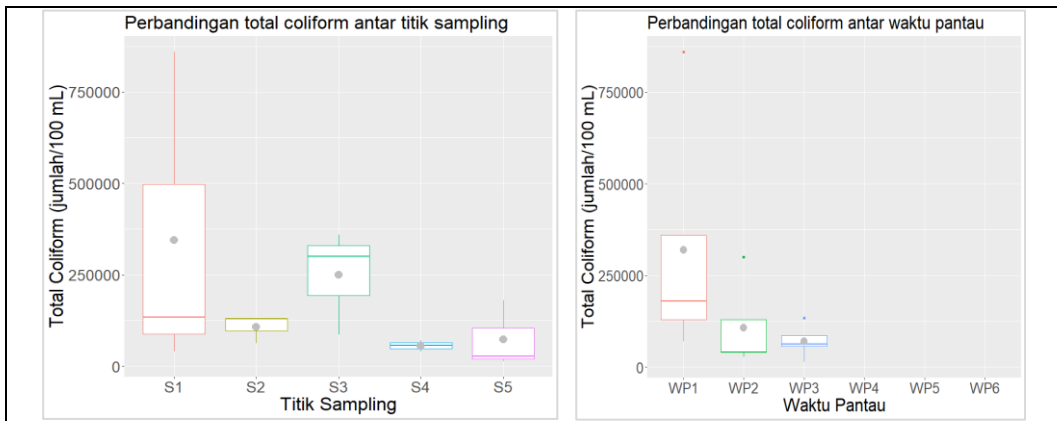
***E.coli* dan Total Coliform**

Kadar *E. coli* yang terpantau berkisar antara 2000/100 mL – 70000/100 mL, sementara total coliform berkisar antara 13000/100 mL – 860000/100 mL. Kadar ini jauh lebih besar dibandingkan pemantauan yang dilakukan di Rozari pada tahun 2017 (*E. coli* = 350/100 mL – 12000/100 mL dan total coliform 2900/100 mL – 12000/100 mL). PP 82/2001 mempersyaratkan jumlah *E.coli* tidak boleh lebih dari 1000 per mL air dan total coliform tidak boleh melewati 5000 per 100 mL air. Maka nilai kedua parameter mikrobiologi yang ada cenderung sangat tinggi dan tidak memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.



Gambar 11. Kadar *E.coli* Air DAS Dendeng

Berdasarkan hasil anova dan uji BNJ, hanya parameter *E.coli* yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan antar lokasi pemantauan ($p\text{-value} = 0,0122$). Konsisten dengan tampilan *boxplot* (Gambar 11), kadar *E. coli* di S3 (Kali Sembunyi 2) tidak jauh berbeda dengan kadar *E.coli* di S1 dan S2, namun berbeda signifikan dengan titik pantau S4 dan S5.



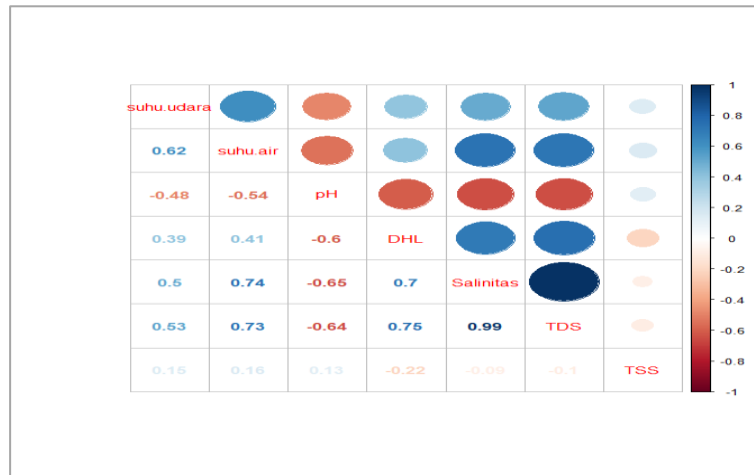
Gambar 12. Kadar total coliform Air DAS Dendeng

Kadar *E.coli* dan total coliform terpantau paling tinggi di S3 (Kali Sembunyi 2), bisa jadi karena lebih banyak aliran limbah aktivitas beternak dan limbah domestik dari dapur, kamar mandi pada lokasi pemukiman yang dekat dengan aliran sungai.

Analisa Kluster dan Korelasi Antar Parameter-Parameter Kualitas Air

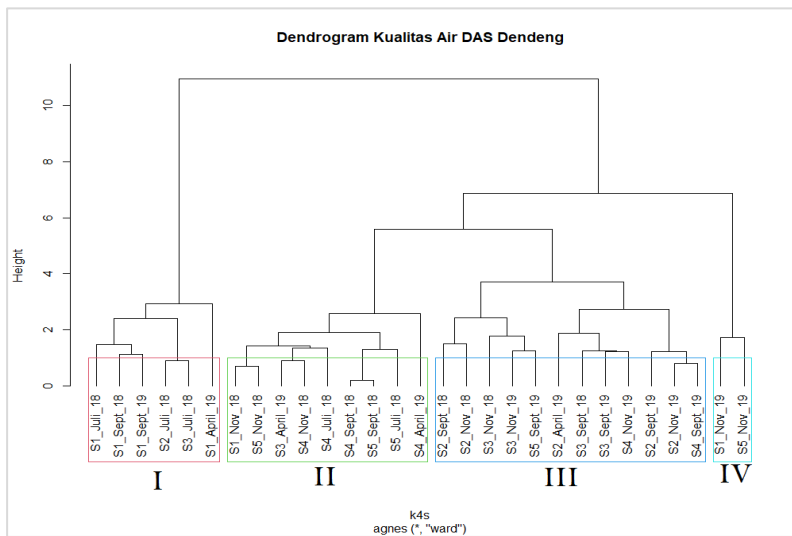
Analisa kluster bertujuan untuk mengelompokan titik-titik sampling dan waktu pemantauan dengan karakteristik air yang sama. Karena keterbatasan data, analisa kluster hanya dilakukan dengan beberapa parameter saja, yaitu suhu udara, suhu air, pH, DHL, salinitas, TDS dan TSS.

Dari matriks korelasi antar parameter-parameter kualitas air (**Gambar 13**), tampak adanya korelasi yang sangat kuat antara parameter salinitas dan TDS (koefisien korelasi = 0,99). Selain itu, nilai vif keduanya > 10 (vif suhu air = 2,77; pH = 2,03; DHL = 3,49; salinitas = 47,66; TDS = 57,00; dan TSS = 1,17). Karena itu, kedua parameter tidak digunakan untuk analisa kluster.



Gambar 13. Korelasi antar parameter-parameter kualitas air

Hasil analisa kluster kemudian ditampilkan dalam bentuk dendrogram dimana ada empat kluster yang terbentuk (Gambar 14). Kluster pertama terdiri dari titik sampling dan waktu pantau dimana parameter-parameter seperti suhu udara, suhu air, DHL, salinitas, dan TDS, TSS, dan DO terpantau paling rendah, sedangkan pH terpantau tinggi. pH air kemudian cenderung lebih rendah di kluster kedua dan ketiga sementara konsentrasi parameter lain cenderung lebih tinggi. Sementara itu, di kluster keempat, nilai TSS terpantau paling tinggi.



Gambar 14. Dendrogram kualitas air DAS Dendeng

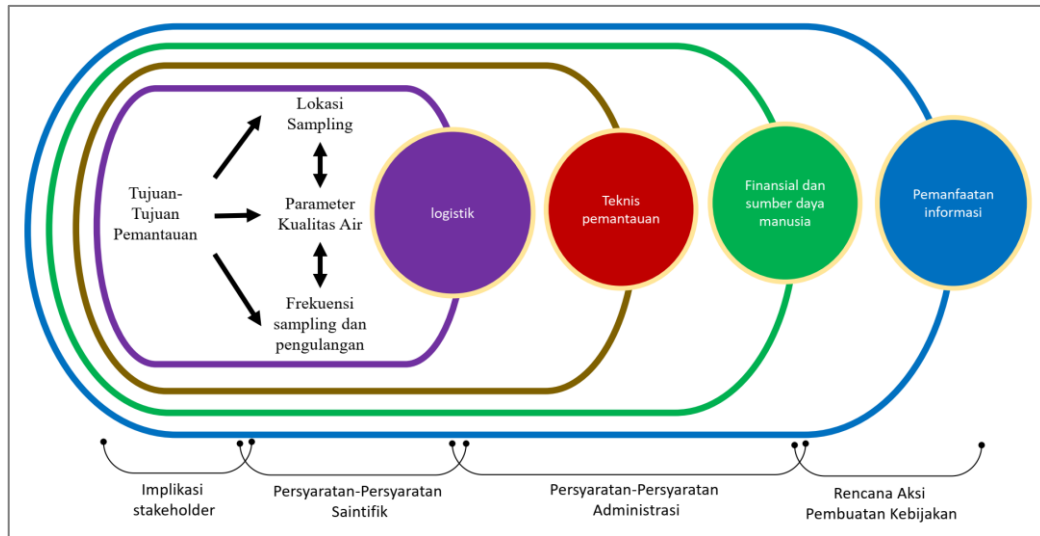
Analisa kluster ini konsisten dengan penilaian masing-masing parameter kualitas air. Kualitas air di hulu sungai, S1 (Kali Biknoi) cenderung berbeda signifikan dengan titik sampling lainnya. Konsentrasi parameter-parameter kualitas air S1 cenderung meningkat di bulan November 2019. Sementara hampir seluruh pengamatan pada S2 (Kali Sembunyi 1) dikelompokkan dalam kluster ketiga, dimana konsentrasi berbagai parameter kualitas air cenderung tinggi. Hanya pada bulan Juli 2018, suhu udara, suhu air dan beberapa parameter kualitas air terpantau paling rendah di S2 (Kali Sembunyi 1) dan S3 (Kali Sembunyi 2), sehingga kedua titik dan waktu pantau ini ada di kluster pertama.

Selain itu, kualitas air cenderung lebih buruk menjelang akhir tahun (bulan September dan November). Pada periode tersebut, volume air cenderung menurun dan suhu air cenderung meningkat. Penurunan volume air bisa menyebabkan

meningkatnya konsentrasi TDS pada musim kemarau (Khound & Bhattacharyya, 2018).

Tantangan Dalam Pemantauan Kualitas Air DAS Dendeng

Tantangan dalam pemantauan kualitas air DAS Dendeng dan implikasinya bagi manajemen dan kebijakan lingkungan kemudian dinilai dengan analisa SWOT. Penilaian difokuskan pada skema kerja pemantauan kualitas air (**Gambar 15**) yang digambarkan oleh Behmel et al., (2016).



Gambar 15. Skema kerja pemantauan kualitas air yang optimal (diadaptasi dari (Behmel et al., 2016))

Pemantauan kualitas air pada dasarnya merupakan suatu proses yang kompleks dan melibatkan kerja-kerja kolaboratif dan multidisipliner. Laboratorium lingkungan biasanya berperan sebagai penyedia data, sedangkan pemanfaatan data bergantung pada kebutuhan data pada bidang-bidang teknis yang ada. Berdasarkan wawancara dan kajian terhadap skema kerja pemantauan kualitas air DAS Dendeng, ada sejumlah aspek yang membatasi pemanfaatan data kualitas air dalam perumusan manajemen dan kebijakan lingkungan. Hal ini kemudian diurai melalui komponen-komponen dalam analisa SWOT (Tabel 4 dan Tabel 5).

Faktor Internal

Dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kota Kupang tahun 2017-2022, Sungai Dendeng disebut sebagai salah satu dari drainase primer di Kota Kupang yang kelestariannya perlu dipelihara (Pemerintah Kota Kupang, 2017, hal. II-54). Hal ini perlu didukung dengan pemantauan rutin kualitas air DAS Dendeng. Data hasil pemantauan diharapkan bisa mendukung tugas dan fungsi bidang-bidang teknis yang ada dalam DLHK Kota Kupang; Tata Lingkungan, Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan Hidup, serta Penataan dan Peningkatan Kapasitas Lingkungan Hidup. Hanya saja, koordinasi lintas bidang dan sektoral belum begitu optimal.

Keterbatasan dana dikeluhkan sebagai salah satu kendala dalam membangun kerja-kerja kolaboratif antar bidang atau lintas instansi dalam pengumpulan dan pengolahan data untuk informasi lingkungan yang dibutuhkan. Data kualitas air DAS Dendeng diharapkan dapat digunakan dalam perhitungan indeks kualitas air (IKA) dan indeks kualitas lingkungan hidup (IKLH) setiap tahun. Data ini juga menunjang penyusunan Status Lingkungan Hidup Daerah (SLHD) atau Indeks Kinerja

Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (IKPLH), Rencana Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Hidup (RPPLH), Kajian Lingkungan Hidup Strategis (KLHS), inventarisasi sumber daya alam, dan perhitungan daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup (DDTLH).

Tabel 4. Hasil Analisa SWOT: Kekuatan dan Kelemahan

	Kekuatan (<i>Strengths</i>)	Kelemahan (<i>Weaknesses</i>)
Peran institusional DLHK	<ul style="list-style-type: none"> DLHK Kota Kupang berperan penting dalam upaya-upaya pengelolaan dan perlindungan lingkungan hidup (PPLH). DLHK dilengkapi bidang-bidang teknis yang bertanggung jawab dalam pemanfaatan data kualitas lingkungan untuk penataan lingkungan, pengendalian pencemaran dan kerusakan lingkungan, dan peningkatan kapasitas lingkungan. DLHK memiliki UPTD Laboratorium Lingkungan yang berperan dalam penyediaan data kualitas lingkungan. Data-data kualitas air telah dirujuk dalam penyusunan Status Mutu Lingkungan Hidup (SLHD) dan berbagai intervensi lain dalam PPLH. 	<ul style="list-style-type: none"> Program-program kerja pada bidang dan UPTD belum begitu terintegrasi. Kurangnya koordinasi dan komunikasi antar bidang dalam perencanaan program kerja. Tujuan dan target pemantauan kualitas air kurang dikomunikasikan dengan baik antara UPTD sebagai penyedia data dan bidang-bidang sebagai pemanfaat data. Data kualitas air belum dikomunikasikan secara luas kepada para pembambil kebijakan dan masyarakat umum.
Teknis dan operasional pemantauan kualitas air	<ul style="list-style-type: none"> Adanya sarana dan prasarana laboratorium untuk sampling dan analisa kualitas air. UPTD Laboratorium lingkungan telah melakukan pemantauan kualitas air sejak tahun 2012. Data dan interpretasi data tersedia dalam berbagai laporan tahunan kualitas air. 	<ul style="list-style-type: none"> Pemilihan titik pantau, waktu pantau, dan parameter-parameter yang kualitas air yang dipantau sepenuhnya bergantung pada ketersediaan dana dan logistik. Beberapa instrumen analisa rusak karena tidak pernah ada dana untuk perawatan rutin. Pemantauan kualitas air DAS Dendeng baru menjadi prioritas dinas dalam dua tahun terakhir. Data kualitas air yang ada tidak cukup lengkap untuk menghitung indeks kualitas air (IKA) dan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH). IKA mempersyaratkan ketersediaan parameter TSS, DO, COD, BOD, total fosfat, E.coli, dan total coliform.
Sumber daya manusia	<ul style="list-style-type: none"> Staf di bidang-bidang teknis cukup kompeten dalam menjalankan tugas-tugas pemantauan dan pengawasan lingkungan. UPTD Laboratorium memiliki analis dengan latar belakang ilmu yang sesuai dan peningkatan kapasitas analis secara berkala. 	<ul style="list-style-type: none"> Terbatasnya tenaga profesional untuk kegiatan-kegiatan pemantauan rutin kualitas lingkungan, serta interpretasi dan pengelolaan data kualitas air. Kekurangan personil pada beberapa seksi dalam bidang. Sebagian besar staf tidak memiliki latar belakang pendidikan yang sesuai dan tidak didukung dengan pendidikan dan pelatihan di bidang tugasnya.
Dukungan dana	<ul style="list-style-type: none"> Adanya alokasi dana bagi kegiatan-kegiatan bidang dan pemantauan kualitas air dan lingkungan setiap tahun. 	<ul style="list-style-type: none"> Dana terbatas untuk kerja-kerja kolaboratif lintas sektor. Terbatasnya dana bagi pendidikan dan pelatihan secara periodik bagi staf di bidang-bidang teknis. Minimnya dana untuk operasional laboratorium; pengadaan reagen dan logistik untuk sampling dan analisa, serta perawatan peralatan.

IKA mempersyaratkan tujuh parameter kualitas air (TSS, DO, BOD, COD, total fosfat, *fecal coli*, dan total coliform) yang diharapkan dapat menangkap efek musim kemarau, hujan, dan peralihan kedua musim terhadap kualitas air. Dengan IKA, informasi kualitas air bisa disederhanakan dalam status-status mutu air yang

menunjukkan apakah air tercemar atau tidak, atau apakah kualitas air baik atau buruk, seperti ditampilkan oleh de Rozari (2017). Penyederhanaan ini lebih membantu para pengambil kebijakan dan masyarakat umum untuk memahami kondisi lingkungan yang ada. Sayangnya, tidak semua parameter IKA mampu dipenuhi laboratorium. Selain itu, pembahasan sebelumnya menunjukkan bahwa sebagian besar parameter yang dipantau tidak menunjukkan perbedaan signifikan antar waktu pemantauan.

Perencanaan sampling oleh laboratorium sebenarnya mempertimbangkan penyediaan data bagi IKA. Hanya saja, kegiatan sampling dan analisa biasanya menyesuaikan ketersediaan dana untuk operasional laboratorium. Alokasi dana untuk itu biasanya berlangsung pada musim kemarau. Konsekuensinya, waktu pemantauan dan analisa parameter-parameter kualitas air selalu menyesuaikan ketersediaan alat, reagen untuk kalibrasi dan analisa, serta logistik lainnya yang diperlukan untuk pemantauan.

Guna memenuhi ketersediaan data bagi IKA, parameter-parameter yang tidak bisa dipenuhi laboratorium lingkungan kota Kupang bisa disubkontrakan analisisnya ke laboratorium lain. Hanya saja, intervensi anggaran untuk ini terkendala lemahnya koordinasi lintas bidang-bidang yang memanfaatkan data kualitas air DAS Dendeng bagi perumusan manajemen dan kebijakan lingkungan.

Menurut Erechtkoukova & Khaiteer (2010), keterbatasan logistik dan dana merupakan dua persoalan klasik dalam program-program pemantauan lingkungan, padahal instansi teknis harus berusaha menyediakan data lingkungan yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan bisa dimanfaatkan untuk pengambilan-pengambilan keputusan di bidang lingkungan hidup. Namun, identifikasi isu-isu teknis yang menghambat penyediaan data sangat bergantung pada kemampuan interpretasi data dan pengelolaan data sebagai sumber informasi lingkungan. Terkait hal ini, bidang-bidang teknis kurang ditunjang dengan adanya pendidikan dan pelatihan secara berkala dan adanya tenaga-tenaga teknis dengan latar belakang ilmu yang mendukung.

Faktor Eksternal

Selain faktor-faktor internal tadi, ada sejumlah faktor eksternal yang diyakini dapat mendorong maupun menghambat pemanfaatan data kualitas air yang ada (Tabel 5).

Terkait kewenangan pemerintah daerah dalam PPLH, RPJMD Kota Kupang 2017-2020 telah mengidentifikasi sejumlah persoalan lingkungan hidup dalam penentuan program pembangunan daerah (Pemerintah Kota Kupang, 2017, hal. IV-1). Hal ini meliputi belum adanya data analisa air sungai, penyusunan Kajian Lingkungan Hidup Strategis (KLHS), revisi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan Rencana Detail Tata Ruang (RDTR), perhitungan Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Hidup (DDDTLH), serta perkiraan dampak dan risiko lingkungan.

Adanya informasi lingkungan yang komprehensif dibutuhkan dalam mendukung misi pimpinan daerah dalam mempersiapkan kota Kupang menuju kota metropolitan yang berwawasan lingkungan (Kupang Hijau). Hal ini kemudian didukung dengan pendanaan program-program pengendalian dan perusakan lingkungan hidup maupun program-program peningkatan, perlindungan dan pelestarian lingkungan hidup, serta tersedianya data indeks kualitas air pada dua sungai dan tujuh mata air di Kota Kupang (Pemerintah Kota Kupang, 2017, hal. VII-23). Namun data-data kualitas lingkungan belum sepenuhnya dirujuk untuk memenuhi tujuan pembangunan berkelanjutan yang diuraikan dalam RPJMD. Pemanfaatan data masih terbatas di internal dinas, dan lebih terfokus pada pemenuhan tugas laboratorium dalam menyediakan data.

Tabel 5. Hasil Analisa SWOT: Peluang dan Tantangan

	Opportunities (Peluang)	Threats (Tantangan)
Kewenangan daerah dalam PPLH	<ul style="list-style-type: none"> • DAS Dendeng merupakan salah satu sungai prioritas di Indonesia. • Tujuan pemantauan kualitas air bisa disesuaikan dengan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD). • Data Kualitas DAS Dendeng dibutuhkan dalam perhitungan IKLH dan penilaian Indeks Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (IKPDLH) setiap tahun. • Data IKLH dan IKPDLH selama tiga tahun dipersyaratkan dalam penyusunan Rencana Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (RPPLH). 	<ul style="list-style-type: none"> • Ego sektoral • Komitmen dalam pembangunan berkelanjutan • Konflik kepentingan • <i>Political will</i>
Revisi tata ruang kota Kupang	<ul style="list-style-type: none"> • Data pemantauan kualitas air berguna dalam perhitungan Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Hidup (DDTLH) dan inventarisasi sumber daya alam. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lemahnya koordinasi lintas institusi. • Kurangnya dorongan untuk pengumpulan dan analisa data. • Terbatasnya alokasi anggaran
Manajemen sumber daya air di Kota Kupang	<ul style="list-style-type: none"> • Pemantauan rutin dapat memberikan informasi faktual tentang perubahan kualitas lingkungan yang mempengaruhi kualitas air dari waktu ke waktu. • Adanya kebutuhan air bersih yang meningkat seturut pertumbuhan kota Kupang. • Adanya desakan bagi pembangunan berkelanjutan di kota Kupang. 	<ul style="list-style-type: none"> • Faktor iklim dan kondisi lingkungan yang tidak mendukung kegiatan-kegiatan sampling air. • Minimnya keterlibatan DLHK dalam pengelolaan sumber daya air. • Kurang efektifnya komunikasi kondisi lingkungan kepada masyarakat.
Sumber daya manusia	<ul style="list-style-type: none"> • Adanya keterlibatan para profesional dalam mendukung pembangunan berkelanjutan di Kota Kupang. 	<ul style="list-style-type: none"> • Penempatan staf di bidang yang kurang mempertimbangkan kompetensi atau latar belakang ilmu.

Optimalisasi Kegiatan Pemantauan Kualitas Air

Menimbang tantangan-tantangan tadi, Pemerintah Kota Kupang perlu melakukan evaluasi dan optimalisasi kegiatan pemantauan kualitas air yang telah dijalankan (Behmel et al., 2016; Erechthoukova & Khaite, 2010; Ward et al., 1986). Peran-peran setiap bidang teknis perlu dioptimalkan dalam satu sistem kerja yang terintegrasi. Dengan begitu pemanfaatan data bagi manajemen lingkungan yang efektif bisa menjadi sebagai kebutuhan bersama.

Data pemantauan kualitas air punya potensi pemanfaatan yang luas dalam mengidentifikasi sumber-sumber pencemaran air akibat pesatnya pertumbuhan kota. Merujuk de Rozari (2017), beban pencemar DAS Dendeng berasal dari pembuangan langsung limbah domestik ke badan air tanpa pengelolaan. Selain itu, belum ada data terkait potensi pencemaran dari aktivitas perternakan dan industri kecil yang ada di sekitar DAS Dendeng. Kebutuhan data ini bisa menjadi aspek penting dalam optimalisasi pemantauan kualitas air guna menunjang kerja bidang-bidang teknis terkait. Tanpa optimalisasi ini, bisa jadi institusi pemerintah punya banyak data tapi minim pemanfaatan sebagai informasi lingkungan (Ward et al., 1986).

KESIMPULAN

Secara umum, pH, TDS, TSS, COD air yang dipantau di DAS Dendeng tahun 2018-2019 masih memenuhi baku mutu air kelas II berdasarkan PP 82/2001. Hal yang sama tidak terjadi pada kadar DO di S1 pada seluruh pemantauan tahun 2018, serta

S2 dan S3 pada pemantauan bulan November 2018. Sementara itu, nilai E. coli dan coliform cenderung tinggi pada semua lokasi dan tidak memenuhi baku mutu. Selanjutnya, evaluasi terhadap variasi-variasi spasial dan temporal menunjukkan bahwa ada perbedaan signifikan pada kualitas air di daerah hulu dan hilir sungai dan kualitas air di bulan September dan November cenderung lebih buruk dibandingkan bulan lainnya.

Sayangnya, data kualitas air belum cukup komprehensif untuk memenuhi persyaratan perhitungan IKA dan sejumlah kebutuhan informasi untuk perumusan manajemen dan kebijakan lingkungan di Kota Kupang. Analisa SWOT kemudian menerangkan bahwa kurangnya koordinasi lintas bidang, terbatasnya dana, tenaga profesional, dan minimnya dukungan bagi operasional laboratorium merupakan kendala utama. Hal ini berpengaruh dalam penyediaan data untuk memenuhi peran-peran institutional DLHK dalam bidang lingkungan hidup. Selain itu, kerja-kerja kolaboratif antara DLHK dan institusi lainnya dalam pemanfaatan data juga masih belum optimal. Hal ini menjadi tantangan besar dalam pemanfaatan data kualitas air untuk perhitungan DDDLH atau untuk menunjang rencana revisi RTRW dan RDTR di Kota Kupang. Karena itu, optimalisasi pemantauan kualitas air perlu dilakukan sehingga data kualitas air dapat menunjang kebutuhan informasi bagi perumusan manajemen dan kebijakan lingkungan hidup di Kota Kupang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan limpah terima kasih kepada UPTD Laboratorium Lingkungan, Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) Kota Kupang yang telah melakukan sampling dan analisa kualitas air DAS Dendeng sepanjang tahun 2018 dan 2019, serta kesediaan untuk berbagi data yang bermanfaat bagi kajian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, S., Kadir, S., Suyanto, S., & Lilimantik, E. (2019). Strategi Pengendalian Terhadap Polusi Air Sungai Di Sub-Das Riam Kiwa Kabupaten Banjar. *EnviroScientiae*, 15(2), 291-295.
- Behmel, S., Damour, M., Ludwig, R., & Rodriguez, M. (2016). Water quality monitoring strategies—A review and future perspectives. *Science of the Total Environment*, 571, 1312-1329.
- BPS. (2019). *Kota Kupang Dalam Angka 2019* (2355-9810). Retrieved from <https://kupangkota.bps.go.id/publication/2019/08/16/c9eb4ca850753ddc66b5151a/kota-kupang-dalam-angka-2019.html>
- Caissie, D. (2006). The thermal regime of rivers: a review. *Freshwater biology*, 51(8), 1389-1406.
- Chen, D., Hu, M., Guo, Y., & Dahlgren, R. A. (2016). Changes in river water temperature between 1980 and 2012 in Yongan watershed, eastern China: Magnitude, drivers and models. *Journal of Hydrology*, 533, 191-199.
- Csuros, M. (1994). *Environmental sampling and analysis for technicians*: CRC press.
- de Rozari, P. (2017). Kajian Strategi Pengendalian Pencemaran Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Dendeng Kota Kupang. *Jurnal Inovasi Kebijakan*, 2(1), 1-18.
- Dugdale, S. J., Malcolm, I. A., Kantola, K., & Hannah, D. M. (2018). Stream temperature under contrasting riparian forest cover: Understanding thermal dynamics and heat exchange processes. *Science of the Total Environment*, 610, 1375-1389.
- Eko, E. R., Syarifuddin, H., & Jalius, J. (2018). Analisis Kualitas Air Sungai Batanghari Berkelanjutan di Kota Jambi. *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 1(2), 123-141.

- Erechtchoukova, M. G., & Khaiteer, P. A. (2010). Efficiency criteria for water quality monitoring.
- Haidir, M. D., Namara, I., Chayati, N., & Muhammad, F. (2016). Manajemen Pengelolaan Kualitas Air Sungai Cisadane dari Aspek Kelembagaan (Studi Kasus Kota Tangerang). *Prosiding Semnastek*.
- Haning, M. Y. (2019). *Studi pemenuhan kebutuhan air baku, air bersih daerah perkotaan di Kota Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur*. Program Magister Teknik Sipil-Program Pascasarjana Unpar,
- Hannah, D. M., & Garner, G. (2015). River water temperature in the United Kingdom: changes over the 20th century and possible changes over the 21st century. *Progress in Physical Geography*, 39(1), 68-92.
- Khound, N. J., & Bhattacharyya, K. G. (2018). Assessment of water quality in and around Jia-Bharali river basin, North Brahmaputra Plain, India, using multivariate statistical technique. *Applied Water Science*, 8(8), 221.
- Kılıç, E., & Yücel, N. (2019). Determination of spatial and temporal changes in water quality at Asi River using multivariate statistical techniques.
- Laizé, C. L., Bruna Meredith, C., Dunbar, M. J., & Hannah, D. M. (2017). Climate and basin drivers of seasonal river water temperature dynamics. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(6), 3231-3247.
- Marlina, N., Hudori, H., & Hafidh, R. (2017). Pengaruh Kekasaran Saluran dan Suhu Air Sungai pada Parameter Kualitas Air COD, TSS di Sungai Winongo Menggunakan Software QUAL2Kw. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 9(2), 122-133.
- Pemerintah Kota Kupang. (2017). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kota Kupang Tahun 2017-2022*. Kupang Retrieved from <http://v8.kupangkota.go.id/wp-content/uploads/2019/07/RPJMD-KOTA-KUPANG-2017-2022.pdf>.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2001). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.
- Rarasati, A. D., & Fadhila Muhammad, L. (2017). Analysis of Legal Aspects and Government Policy in The Management of River Water Quality (Case Study Cisadane River, Tangerang City). *MALAYSIAN JOURNAL OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY (MJIT)*.
- Rodrigues, V., Estrany, J., Ranzini, M., de Cicco, V., Martín-Benito, J. M. T., Hedro, J., & Lucas-Borja, M. E. (2018). Effects of land use and seasonality on stream water quality in a small tropical catchment: The headwater of Córrego Água Limpa, São Paulo (Brazil). *Science of the Total Environment*, 622, 1553-1561.
- Simanjuntak, W. S., Namara, I., Chayati, N., & Muhammad, F. (2016). Kajian Aspek Teknis pada Peraturan Pengelolaan Kualitas Air (Studi Kasus Sungai Cisadane Kota Tangerang). *Prosiding Semnastek*.
- Srebotnjak, T., Carr, G., de Sherbinin, A., & Rickwood, C. (2012). A global Water Quality Index and hot-deck imputation of missing data. *Ecological Indicators*, 17, 108-119.
- Vadde, K. K., Wang, J., Cao, L., Yuan, T., McCarthy, A. J., & Sekar, R. (2018). Assessment of water quality and identification of pollution risk locations in Tiaoxi River (Taihu Watershed), China. *Water*, 10(2), 183.
- Ward, R. C., Loftis, J. C., & McBride, G. B. (1986). The "data-rich but information-poor" syndrome in water quality monitoring. *Environmental management*, 10(3), 291-297.
- Yang, D., & Peterson, A. (2017). River water temperature in relation to local air temperature in the Mackenzie and Yukon Basins. *Arctic*, 47-58.

Yohannes, B. Y., Utomo, S. W., & Agustina, H. (2019). Kajian Kualitas Air Sungai dan Upaya Pengendalian Pencemaran Air. *IJEEM-Indonesian Journal of Environmental Education and Management*, 4(2), 136-155.

Lampiran 1.

Hasil Uji Anova dan BNJ

Analysis of Variance Table							Tukey multiple comparisons of means 95% family-wise confidence level				
Response: suhu.air Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F) titik.sampling 4 19.512 4.8780 6.0630 0.002554 ** waktu.pantau 5 22.834 4.5667 5.6761 0.002291 ** Residuals 19 15.287 0.8046							\$titik.sampling diff lwr upr p adj S2-S1 2.1333333 0.57599906 3.690668 0.0046741 S3-S1 1.6500000 0.09266572 3.207334 0.0346972 S4-S1 1.6000000 0.04266572 3.157334 0.0423064 S5-S1 2.3266667 0.69332070 3.960013 0.0032572 \$waktu.pantau diff lwr upr p adj WP3-WP1 2.5000000 0.7075309 4.2924691 0.0035231 WP6-WP1 1.9000000 0.1075309 3.6924691 0.0339758 WP3-WP2 2.1000000 0.3075309 3.8924691 0.0162069				
Response: pH Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F) titik.sampling 4 0.43730 0.109325 3.0808 0.041017 * waktu.pantau 5 1.11509 0.223019 6.2848 0.001334 ** Residuals 19 0.67423 0.035486							\$titik.sampling diff lwr upr p adj S2-S1 -0.35666667 -0.68372758 -0.02960575 0.0285833 \$waktu.pantau diff lwr upr p adj WP5-WP1 -0.60000000 -0.9764423 -0.223557657 0.0008940 WP6-WP1 -0.468000000 -0.8444423 -0.091557657 0.0099725 WP5-WP3 -0.380000000 -0.7564423 -0.003557657 0.0470785				
Response: DHL Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F) titik.sampling 4 32532 8133.1 2.4419 0.08212 . waktu.pantau 5 10858 2171.5 0.6520 0.66361 Residuals 19 63281 3330.6							-				
Response: Salinitas Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F) titik.sampling 4 14813.1 3703.3 4.1975 0.01332 * waktu.pantau 5 5190.7 1038.1 1.1767 0.35690 Residuals 19 16762.9 882.3							\$titik.sampling diff lwr upr p adj S2-S1 67.866667 16.296295 119.43704 0.0066662				
Response: TDS Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F) titik.sampling 4 8650.0 2162.50 4.0559 0.01526 * waktu.pantau 5 2962.4 592.48 1.1112 0.38734 Residuals 19 10130.2 533.17							\$titik.sampling diff lwr upr p adj S2-S1 51.260000 11.170139 91.34986 0.0085194				
Response: DO Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F) titik.sampling 4 40.892 10.2231 13.0869 6.428e-05 *** waktu.pantau 4 7.140 1.7849 2.2849 0.1052 Residuals 16 12.499 0.7812							\$titik.sampling diff lwr upr p adj S4-S1 3.096 1.3834441 4.808556 0.0003756 S5-S1 2.960 1.2474441 4.672556 0.0006004 S4-S2 2.298 0.5854441 4.010556 0.0062996 S5-S2 2.162 0.4494441 3.874556 0.0102694 S4-S3 2.466 0.7534441 4.178556 0.0034450 S5-S3 2.330 0.6174441 4.042556 0.0056148				
Analysis of Variance Table Response: Kekurangan Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F) titik.sampling 4 494.58 123.64 1.1784 0.3973 waktu.pantau 2 502.33 251.17 2.3937 0.1614 Residuals 7 734.49 104.93							-				
Response: TSS Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F) titik.sampling 4 60.694 15.173 1.1614 0.3588 waktu.pantau 5 114.286 22.857 1.7496 0.1718 Residuals 19 248.222 13.064							-				
Response: COD Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F) titik.sampling 4 94.749 23.6874 24.306 0.0001569 *** waktu.pantau 2 28.591 14.2954 14.669 0.0021075 ** Residuals 8 7.796 0.9745							\$titik.sampling diff lwr upr p adj S2-S1 -5.2900000 -8.0746609 -2.5053391 0.0011890 S4-S1 -4.9366667 -7.7213275 -2.1520058 0.0018845 S5-S1 -6.8800000 -9.6646609 -4.0953391 0.0001894 S3-S2 3.5266667 0.7420058 6.3113275 0.0147727 S4-S3 -3.1733333 -5.9579942 -0.3886725 0.0261515 S5-S3 -5.1166667 -7.9013275 -2.3320058 0.0014865 \$waktu.pantau diff lwr upr p adj WP2-WP1 2.594 0.8099415 4.378058 0.0079411 WP3-WP1 3.176 1.3919415 4.960058 0.0023994				
Response: E.Coli Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F) titik.sampling 4 4628000000 1157000000 6.5441 0.0122 * waktu.pantau 2 476933333 238466667 1.3488 0.3128 Residuals 8 1414400000 176800000							\$titik.sampling diff lwr upr p adj S4-S3 -46333.333 -83840.315 -8826.351 0.0169636 S5-S3 -49333.333 -86840.315 -11826.351 0.0119223				
Response: Total.Coliform Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F) titik.sampling 4 1.8940e+11 4.7349e+10 1.3390 0.3352 waktu.pantau 2 1.8114e+11 9.0569e+10 2.5613 0.1381 Residuals 8 2.8289e+11 3.5361e+10							-				
--- Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1											