JURNAL SAINS FISIKA
Prodi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar
http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/sainfis

Analisis Turbiditas Air Menggunakan Pengolahan Citra Dan Polarimetri Berbasis Pola Intensitas Cahaya

Wahyudi[1], Hasrawati[2], Fitriyanti[3*]

[1,2,3]Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

*Email: fitriyanti_fisika@uin-alauddin.ac.id

ABSTRACT:

Turbidity is an essential parameter in assessing water quality because it is directly related to the concentration of suspended particles and the medium's ability to transmit light. Conventional turbidity measurements using turbidimeters require specialized laboratory instruments, creating the need for a simpler and more accessible alternative method. This study aims to analyze the turbidity levels of three water types pure water, tap water, and contaminated water—through a combination of digital image processing and polarization-based light intensity analysis. Images of each sample were captured using a smartphone camera under controlled geometric conditions and processed in ImageJ to obtain optical parameters, including Mean Gray Value and relative transmission ($T_{(rel)}$). In addition, each sample was examined using a polarimeter to identify intensity patterns of bright–dark–bright (T–G–T) and dark–bright–dark (G–T–G) as indicators of light scattering. The results show a consistent increase in Mean Gray Values from pure water (108.005), to tap water (130.365), and contaminated water (184.951), indicating increased light scattering with higher turbidity. The $T_{(rel)}$ values follow a similar trend with ratios of 1: 1.21: 1.71. Polarimetric measurements reveal that the T–G–T and G–T–G patterns appear clearly in pure water, shift significantly in tap water, and disappear completely in contaminated water due to total depolarization. These findings demonstrate that the combination of digital image analysis and light polarization offers a low-cost, rapid, and sufficiently sensitive alternative for identifying water turbidity without the need for conventional laboratory instruments.

Keyword: *light, ImageJ, intensity, image processing, polarimetry, turbidity*

ABSTRAK:

Kekeruhan merupakan parameter penting dalam penilaian kualitas air karena berkaitan langsung dengan jumlah partikel tersuspensi dan kemampuan medium dalam meneruskan cahaya. Metode konvensional untuk mengukur kekeruhan menggunakan *turbidimeter* membutuhkan peralatan laboratorium khusus, sehingga diperlukan pendekatan alternatif yang lebih sederhana dan mudah diterapkan. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat kekeruhan tiga jenis air—air bersih, air keran, dan air tercemar melalui kombinasi pengolahan citra digital dan pengukuran pola polarisasi cahaya. Citra sampel diambil menggunakan kamera smartphone dengan geometri pengambilan yang

**corresponding author:* fitriyanti_fisika@uin-alauddin.ac.id
DOI:

dikontrol, kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak ImageJ untuk memperoleh parameter optik berupa *Mean Gray Value* dan transmisi relatif T_{rel}. Selain itu, setiap sampel diukur menggunakan polarimeter untuk mengidentifikasi pola intensitas terang–gelap–terang (T–G–T) dan gelap–terang–gelap (G–T–G) sebagai indikator hamburan cahaya. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan *Mean Gray* secara konsisten dari air bersih (108,005), air keran (130,365), hingga air tercemar (184,951), yang menandakan bertambahnya hamburan cahaya akibat kenaikan kekeruhan. Nilai $T_{(rel)}$ mengikuti tren serupa dengan rasio 1 : 1,21 : 1,71. Pengukuran polarimetri memperlihatkan bahwa pola T–G–T dan G–T–G muncul jelas pada air bersih, bergeser pada air keran, dan tidak terbentuk pada air tercemar akibat depolarisasi total. Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi analisis citra dan polarisasi cahaya dapat menjadi metode alternatif yang murah, cepat, dan cukup sensitif untuk mengidentifikasi tingkat kekeruhan air tanpa memerlukan instrumen laboratorium konvensional.

Kata Kunci: cahaya, ImageJ, intensitas, pengolahan citra, polarimetri, turbiditas

PENDAHULUAN

Kualitas air merupakan faktor penting dalam kesehatan lingkungan, dan kekeruhan menjadi indikator utama karena berhubungan dengan keberadaan partikel tersuspensi serta potensi kontaminasi mikrobiologis (World Health Organization, 2017). Berbagai sumber partikel seperti sedimen, tanah liat, materi organik, hingga limbah industri dapat meningkatkan tingkat kekeruhan sehingga menurunkan kejernihan air dan memengaruhi kelayakan konsumsi (Muoio dkk., 2020). Pengukuran kekeruhan secara konvensional memerlukan turbidimeter dan analisis laboratorium, yang membutuhkan biaya tinggi serta keahlian teknis khusus (Rudy & Wilson, 2024). Kondisi ini menjadi kendala bagi masyarakat dan laboratorium dengan sumber daya terbatas. Oleh karena itu, diperlukan metode alternatif yang lebih murah, cepat, dan portabel untuk mendukung pemantauan kualitas air secara lebih luas(Jantarakasem dkk., 2024).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kamera smartphone dapat dimanfaatkan untuk mengestimasi kekeruhan air menggunakan pengolahan citra, baik melalui metode intensitas piksel maupun pendekatan pembelajaran mesin (Mohammed, 2024). Namun, beberapa sistem tetap memerlukan perangkat tambahan seperti *chamber* hitam, sensor inframerah, atau *optical fiber* untuk menstabilkan pencahayaan dan meningkatkan akurasi, sehingga kurang praktis untuk penggunaan lapangan (Koydemir dkk., 2019). Metode berbasis citra yang lebih sederhana juga telah dikembangkan, seperti sensor low-cost berbasis deteksi pola dan konversi grayscale, tetapi performanya masih sangat dipengaruhi kondisi cahaya dan geometri optik (Chai dkk., 2017). Studi terbaru bahkan mulai menggunakan *deep learning* dan pengamatan citra sungai berskala penuh guna meningkatkan kapasitas pemantauan turbidity, tetapi tetap membutuhkan kalibrasi intensitas cahaya yang ketat (Miglino dkk., 2024; Soto dkk., 2025).

Kajian sebelumnya mengenai pengukuran kekeruhan sebagian besar memusatkan perhatian pada analisis citra digital tanpa memasukkan informasi polarisasi untuk memahami perubahan intensitas cahaya akibat hamburan partikel air (Mohammed, 2024). Penelitian yang menggunakan pendekatan polarisasi pada media keruh termasuk teknik Stokes dan pemulihan citra terpolarisasi lebih diarahkan pada restorasi visual bawah air dan belum

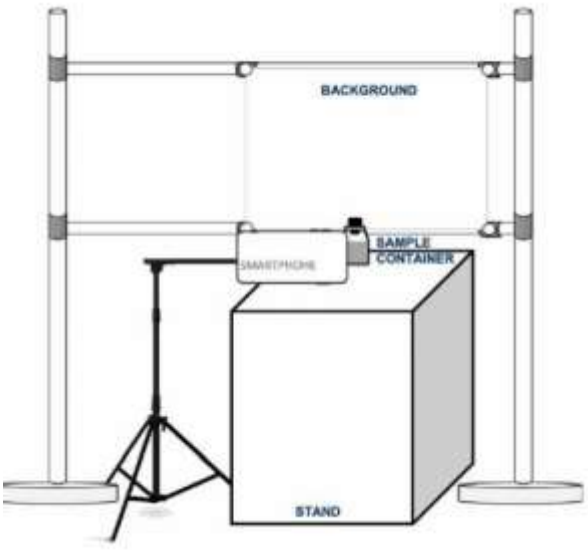
ditujukan untuk mengidentifikasi pola gelap–terang–gelap sebagai indikator tingkat turbidity (Wang dkk., 2024). Evaluasi komparatif terhadap tiga jenis air, yaitu air bersih, air keran, dan air keruh, juga belum dilakukan dalam konteks analisis optik berbasis citra. Kondisi ini menunjukkan bahwa kombinasi antara analisis ImageJ dan polarimetri sederhana belum pernah diterapkan untuk menghasilkan parameter optik turbiditas, sehingga menghadirkan celah penting yang dapat dikembangkan dalam penelitian ini (Zhang dkk., 2025).

Penelitian ini bertujuan mengetahui seberapa berbeda tingkat kekeruhan pada tiga jenis air bersih, air keran, dan air keruh dengan melihat nilai intensitas gambarnya menggunakan ImageJ. Penelitian ini juga ingin melihat bagaimana pola cahaya gelap terang gelap dan terang gelap terang muncul ketika air diamati menggunakan polarisasi cahaya. Kedua hasil ini kemudian digabungkan untuk melihat apakah pola citra dan pola polarisasi dapat saling menguatkan dalam membaca tingkat kekeruhan air.

METODE PENELITIAN

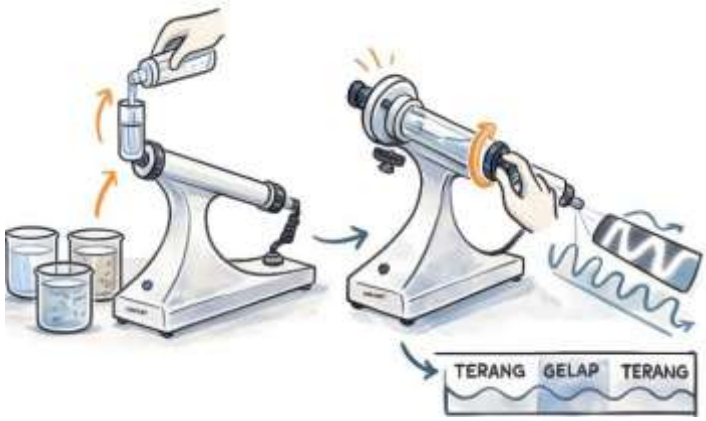
Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2025, di Laboratorium Optik Lantai II, Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu senter, penggaris, kamera *smartphone,* polarimeter, gelas kimia,tisu, air keruh, air keran dan air mineral kemasan (air bersih).

Prosedur kerja pada penelitian ini, diawali dengan menyiapkan tiga jenis air, yaitu air bersih, air keran, dan air keruh, kemudian masing-masing dimasukkan ke dalam gelas kimia berukuran 80 mL. Setelah itu, mengatur posisi pencahayaan dengan jarak sekitar 15 cm dari gelas kimia, dan menempatkan kamera ponsel pada jarak kurang lebih 5 cm dari sampel untuk mendapatkan citra yang konsisten, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Pengaturan eksperimen yang digunakan dalam pengumpulan gambar sampel air keruh (Rudy & Wilson, 2024).

Pada tahap berikutnya, menggunakan polarimeter dengan cara mengisi tabungnya secara bergantian menggunakan ketiga sampel air tersebut. Setelah tabung terpasang, kemudian memutar sudut polarimeter untuk mencari pola intensitas cahaya, yaitu pola terang–gelap–terang dan pola gelap–terang–gelap. Pola-pola ini kemudian direkam sebagai bagian dari data optik yang nantinya dibandingkan dengan hasil analisis citra di ImageJ, ilustrasi dari tahap penggunaan polarimeter dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini



Gambar 2. Pengaturan eksperimen yang digunakan dalam polarisasi.

Pada tahap analisis citra, setiap foto sampel air yang telah diambil menggunakan *smartphone* diolah menggunakan perangkat lunak ImageJ. Gambar dibuka melalui menu *File–Open*, kemudian diubah ke format *8-bit grayscale* untuk memperoleh nilai intensitas cahaya yang lebih stabil dan mudah dianalisis. Selanjutnya, area tertentu pada gambar dipilih menggunakan *rectangle tool* sebagai *region of interest* (ROI), dengan posisi berada pada bagian tengah sampel untuk menghindari distorsi cahaya dari dinding gelas. Nilai intensitas cahaya dihitung melalui perintah *Analyze–Measure*, sehingga diperoleh parameter seperti rata-rata intensitas (*Mean*), intensitas minimum, maksimum, dan penyebaran nilai (*StdDev*). Prosedur ini dilakukan secara berulang untuk ketiga sampel air bersih, air keran, dan air keruh sehingga menghasilkan data perbandingan intensitas yang kemudian digunakan sebagai indikator optik tingkat kekeruhan dan nantinya dikorelasikan dengan pola polarisasi yang diperoleh dari pengukuran polarimeter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat kekeruhan ketiga sampel air selanjutnya dianalisis menggunakan polarimeter dengan mencatat sudut intensitas terang–gelap–terang (T–G–T) dan gelap–terang–gelap (G–T–G) sebagai respons optik terhadap hamburan cahaya. Variasi sudut yang diperoleh memberikan indikasi langsung mengenai kemampuan sampel dalam mentransmisikan dan menghamburkan cahaya. Hasil pengukuran lengkap beserta interpretasinya disajikan pada Tabel 1. Tabel polarimetri memperlihatkan bagaimana masing-masing sampel air merespons rotasi polarimeter saat mencari pola intensitas cahaya Terang–Gelap–Terang (T–G–T) dan Gelap–Terang–Gelap (G–T–G). Pada air bersih, sudut T–G–T tercatat pada 22,5° dan sudut G–T–G pada 134,9°. Munculnya kedua pola secara jelas menunjukkan bahwa cahaya terpolarisasi tetap dapat mempertahankan orientasinya setelah melewati medium, sehingga

transmittansi optiknya tinggi dan hamburannya minimal. Hal ini sesuai dengan teori dasar polarisasi yang menyatakan bahwa media jernih tidak menyebabkan depolarisasi signifikan karena partikel tersuspensi yang mengganggu lintasan cahaya hampir tidak ada (Hecht, 2017).

Tabel 1. Hasil pengukuran tingkat kekeruhan ketiga sampel air

No	Jenis sampel	Volume (mL)	Sudut T–G–T (°)	Sudut T–G–T (°)	Keterangan
1	Air bersih	20	22,5	134,9	Cahaya tembus baik, hamburan rendah
2	Air keran		171,3	15,5	Hamburan sedang, pola ganda terlihat
3	Air tercemar		-	-	Intensitas sangat lemah, pola tidak terbentuk

Pada air keran, sudut T–G–T bergeser jauh ke 171,3° dan sudut G–T–G muncul di 15,5°. Pergeseran sudut yang signifikan ini menunjukkan bahwa cahaya mengalami hamburan sedang akibat partikel yang lebih banyak dibanding air bersih. Hamburan ini menyebabkan fase dan orientasi cahaya sebagian terganggu sehingga sudut minimum dan maksimum intensitas tidak lagi berada pada posisi standar. Fenomena pergeseran sudut akibat *scattering* sedang juga diamati oleh Wang dkk., (2024), yang melaporkan bahwa peningkatan jumlah *scatterers* menyebabkan rotasi efektif polarisasi menjadi tidak stabil.

Pada air tercemar, pola T–G–T maupun G–T–G tidak muncul sama sekali. Tidak adanya pola menunjukkan bahwa cahaya terpolarisasi mengalami depolarisasi hampir total akibat hamburan multipel dalam medium sangat keruh. Ketika jumlah partikel tersuspensi tinggi, cahaya dipantulkan secara acak dalam berbagai arah, menyebabkan intensitas yang diterima detektor menjadi homogen dan tidak lagi menunjukkan modulasi sinusoidal khas polarisasi. Temuan ini sejalan dengan laporan Zhang dkk., (2025) yang menunjukkan bahwa media dengan turbidity tinggi akan menyebabkan hilangnya informasi polarisasi pada berkas cahaya karena dominasi *backscattered light.*

Analisis kekeruhan berbasis citra dilakukan dengan mengukur intensitas rata-rata (Mean Gray) dari area terpilih pada setiap sampel menggunakan ImageJ. Nilai intensitas ini kemudian dinormalisasi terhadap sampel acuan (air bersih) untuk memperoleh transmisi relatif T_{rel} yang merepresentasikan respon optik masing-masing sampel terhadap cahaya. Perbandingan parameter citra antar sampel, termasuk nilai minimum, maksimum, dan simpangan baku intensitas, disajikan secara ringkas pada Tabel 2.

Tabel hasil analisis citra menunjukkan adanya perbedaan parameter optik yang sangat jelas antar ketiga sampel. Air bersih memiliki nilai *Mean Gray* paling rendah (108,005) dengan rentang intensitas yang lebar (Min = 25; Max = 255). Pola ini menandakan bahwa

cahaya latar dapat menembus sampel dengan baik sehingga kontras antara area gelap dan terang masih tinggi. Kondisi ini merupakan karakter khas air jernih yang mengalami hamburan minimal, sebagaimana dijelaskan oleh World Health Organization, (2017) bahwa media dengan turbidity rendah memungkinkan proporsi cahaya tertransmisi yang tinggi.

Tabel 2. Analisis kekeruhan berbasis citra

No	Sampel	Volume (mL)	Area (Px)	Mean gray(I)	Min	Max	StDev	T_{rel}
1.	Air bersih	80	123 246	108,005	25	255	37,806	1
2.	Air keran		124 749	130,365	94	243	23,507	1,21
3.	Air Tercemar		129978	184,951	125	205	10,501	1,71

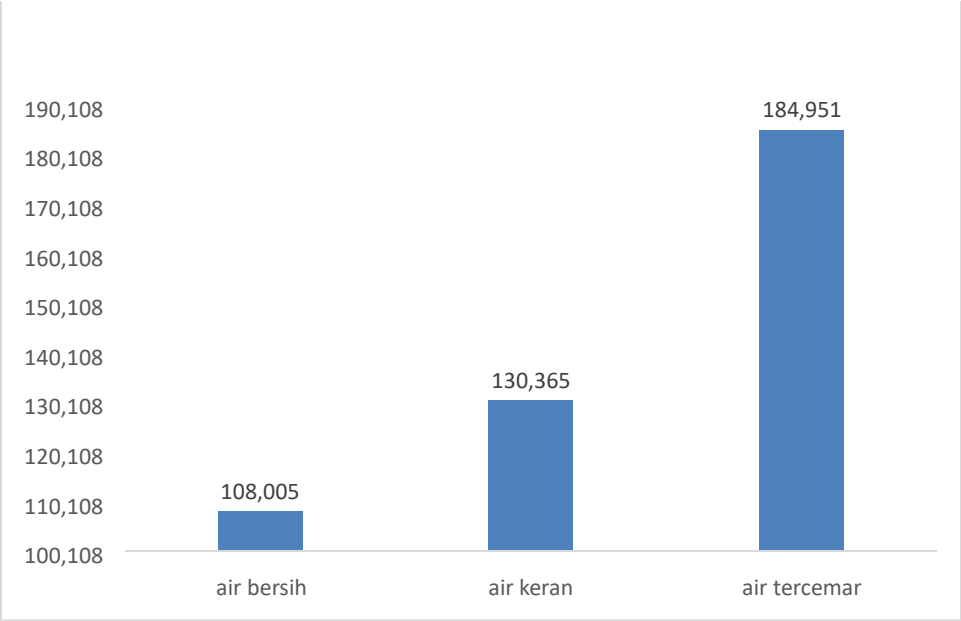
Pada air keran, nilai *Mean Gray* meningkat menjadi 130,365 dan rentang Min–Max menyempit (94–243). Hal ini menunjukkan bahwa cahaya yang diterima sensor semakin dipengaruhi oleh hamburan, sehingga intensitas rata-rata naik tetapi kontrasnya menurun. Nilai *StdDev* yang lebih kecil dibanding air bersih mengindikasikan distribusi intensitas yang lebih homogen, sesuai dengan fenomena *diffused scattering* pada air dengan kekeruhan ringan hingga sedang (Mohammed, 2024).Perubahan ini mencerminkan kondisi visual air keran yang umumnya tidak sejernih air bersih tetapi masih memungkinkan cahaya melewati kolom air dalam jumlah cukup.

Sampel air tercemar menunjukkan nilai *Mean Gray* tertinggi (184,951) dengan Min = 125 dan Max = 205. Perbedaan Min–Max yang semakin sempit dan nilai rata-rata yang meningkat signifikan mengindikasikan dominasi hamburan multipel dalam sela-sela partikel tersuspensi. Ini menghasilkan citra dengan tonalitas terang merata (*bright haze*), yang merupakan karakter umum medium sangat keruh. Ceylan Koydemir dkk., (2019)melaporkan bahwa peningkatan hamburan menyebabkan cahaya menyebar memenuhi seluruh frame sehingga nilai intensitas rata-rata meningkat namun kontras menurun, sebagaimana terlihat pada data ini.

Nilai T_{rel} rasio intensitas relatif terhadap air bersih—menunjukkan tren linear terhadap kekeruhan. Air bersih menjadi acuan ($T_{rel} = 1$), sedangkan air keran naik menjadi 1,21 dan air tercemar mencapai 1,71. Peningkatan ini menegaskan bahwa semakin keruh sampel, semakin besar intensitas hamburan yang kembali ke kamera, sesuai model hamburan optik pada media tersuspensi (Zhang dkk., 2025) Dengan demikian, T_{rel} dapat dijadikan indikator sederhana untuk membedakan tingkat kekeruhan antar sampel berbasis citra digital.

Secara keseluruhan, tabel ini memperlihatkan hubungan yang konsisten antara meningkatnya nilai *mean gray*, berkurangnya rentang intensitas, serta naiknya nilai T_{rel} sebagai indikator peningkatan kekeruhan. Temuan ini selaras dengan model hamburan cahaya pada medium keruh dan diperkuat oleh hasil-hasil penelitian mutakhir dalam bidang optik dan analisis citra. Hasil analisis citra menunjukkan adanya peningkatan nilai *Mean Gray* yang signifikan dari air bersih, air keran, hingga air tercemar (Gambar 3.). Air bersih memiliki nilai intensitas terendah (108,005), yang menggambarkan bahwa hanya sedikit hamburan cahaya

yang terjadi karena minimnya partikel tersuspensi. Kondisi ini menyebabkan cahaya yang diteruskan menuju sensor kamera relatif kecil, sehingga citra tampil lebih gelap. Pada air keran, nilai *Mean Gray* meningkat menjadi 130,365, menandakan terjadinya hamburan cahaya dalam tingkat sedang akibat adanya partikel halus seperti mineral domestik dan residu distribusi pipa. Sementara itu, air tercemar menghasilkan nilai *Mean Gray* tertinggi (184,951), yang mengindikasikan bahwa jumlah partikel tersuspensi yang banyak menyebabkan hamburan Mie yang dominan sehingga lebih banyak cahaya tersebar ke arah sensor kamera dan membuat citra tampak jauh lebih terang.



Gambar 3. Hasil analisis citra nilai *Mean Gray* sampel air

Berdasarkan Gambar 3, nilai *Mean Gray* menunjukkan perbedaan yang signifikan antara air mineral kemasan (air bersih), air keran, dan air tercemar. air mineral kemasan (air bersih) memiliki nilai intensitas terendah sebesar 108,005, yang berada pada kategori intensitas sedang–gelap dalam citra grayscale 8-bit (rentang 0–255), mencerminkan minimnya hamburan cahaya akibat sangat rendahnya partikel tersuspensi sehingga cahaya yang mencapai sensor kamera relatif kecil dan citra tampak lebih gelap. Pada air keran, nilai *Mean Gray* meningkat menjadi 130,365 dan masih berada pada kategori intensitas sedang, yang mengindikasikan adanya hamburan cahaya tingkat menengah akibat keberadaan partikel halus seperti mineral terlarut dan residu dari sistem distribusi pipa. Sementara itu, air tercemar menghasilkan nilai *Mean Gray* tertinggi sebesar 184,951 yang termasuk dalam kategori intensitas terang**,** menunjukkan dominasi hamburan Mie akibat konsentrasi partikel tersuspensi yang tinggi, sehingga lebih banyak cahaya tersebar menuju sensor kamera dan menghasilkan citra yang tampak jauh lebih terang dibandingkan kondisi air lainnya.

Peningkatan intensitas ini sesuai dengan prinsip dasar optik bahwa *turbiditas berbanding lurus dengan hamburan cahaya*, di mana medium yang lebih keruh akan menghamburkan dan merefleksikan lebih banyak cahaya ke sensor sehingga nilai intensitas

digital (0–255) meningkat. Hubungan ini juga dilaporkan oleh Miglino dkk., (2024), yang menunjukkan bahwa citra pada sampel sungai dengan turbidity tinggi memiliki nilai grayscale lebih terang akibat peningkatan hamburan internal. Demikian pula, Soto dkk., (2025) menemukan bahwa *mean pixel intensity* dapat digunakan sebagai variabel prediktor untuk mengklasifikasikan tingkat kekeruhan air karena intensitas citra meningkat konsisten dengan bertambahnya konsentrasi partikel tersuspensi. Dengan demikian, temuan penelitian ini sejalan dengan literatur terdahulu dan memperkuat bahwa analisis citra berbasis *Mean Gray Value* dapat digunakan sebagai pendekatan optik kuantitatif untuk membedakan tingkat kekeruhan air

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis nilai *Mean Gray* pada ketiga sampel, diperoleh bahwa perbedaan tingkat intensitas cahaya yang terekam kamera mampu merepresentasikan variasi kekeruhan secara konsisten. Semakin tinggi nilai intensitas piksel, semakin besar hamburan cahaya yang terjadi, sehingga tingkat kekeruhan semakin meningkat. Temuan ini menunjukkan bahwa pengolahan citra menggunakan parameter *Mean Gray* efektif digunakan untuk membedakan air bersih, air keran, dan air tercemar tanpa memerlukan instrumen laboratorium khusus. Dengan demikian, penelitian ini berhasil mencapai tujuannya, yaitu menunjukkan bahwa metode citra digital mampu menjadi pendekatan optik yang sederhana, murah, dan cukup sensitif dalam mengidentifikasi tingkat kekeruhan air.

DAFTAR PUSTAKA

Ceylan Koydemir, H., Rajpal, S., Gumustekin, E., Karinca, D., Liang, K., Göröcs, Z., Tseng, D., & Ozcan, A. (2019). Smartphone-based turbidity reader. *Scientific Reports*, *9*(1), 19901. https://doi.org/10.1038/s41598-019-56474-z

Chai, M. M. E., Ng, S. M., & Chua, H. S. (2017). *An alternative cost-effective image processing based sensor for continuous turbidity monitoring*. 020014. https://doi.org/10.1063/1.4975247

Hecht, E. (2017). *Optics* (5 edition. Global edition). Pearson Education, Inc.

Jantarakasem, C., Sioné, L., & Templeton, M. R. (2024). Estimating drinking water turbidity using images collected by a smartphone camera. *AQUA — Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, *73*(6), 1277–1284. https://doi.org/10.2166/aqua.2024.085

Miglino, D., Saddi, K. C., Isgrò, F., Jomaa, S., Rode, M., & Manfreda, S. (2024). *Technical note: Image processing for continuous river turbidity monitoring – full scale tests and potential applications*. Rivers and Lakes/Instruments and observation techniques. https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-2172

Mohammed, A. (2024). *Determine Water Turbidity by Using Image Processing Technology*.

Muoio, R., Caretti, C., Rossi, L., Santianni, D., & Lubello, C. (2020). Water safety plans and risk assessment: A novel procedure applied to treated water turbidity and gastrointestinal diseases. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *223*(1), 281–288. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.07.008

Rudy, I. M., & Wilson, M. J. (2024a). Turbidivision: A machine vision application for estimating turbidity from underwater images. *PeerJ*, *12*, e18254. https://doi.org/10.7717/peerj.18254

Rudy, I. M., & Wilson, M. J. (2024b). Turbidivision: A machine vision application for estimating turbidity from underwater images. *PeerJ*, *12*, e18254. https://doi.org/10.7717/peerj.18254

Soto, I. L., Concha-Sánchez, Y., & Raya, A. (2025). An Image-Based Water Turbidity Classification Scheme Using a Convolutional Neural Network. *Computation*, *13*(8), 178. https://doi.org/10.3390/ ADDIN ZOTERO_ITEM CSL_CITATION {"citationID":"z50SPmV5","properties":{"formattedCitation":"(n.d.)","plainCitation":"(n.d.)","noteIndex":0},"citationItems":[{"id":216,"uris":["http://zotero.org/users/local/tQdqU0ci/items/GSFK3D47"],"itemData":{"id":216,"type":"article-journal"}}],"schema":"https://github.com/citation-style-language/schema/raw/master/csl-citation.json"} (n.d.)computation13080178

Wang, Z., Hu, M., & Zhang, K. (2024). Underwater Turbid Media Stokes-Based Polarimetric Recovery. *Sensors*, *24*(5), 1367. https://doi.org/10.3390/s24051367

World Health Organization. (2017). Water quality and health – review of turbidity: Information for regulators and water suppliers. *WHO Press, Geneva,Switzerland.*

Zhang, S., Li, R., Fan, Y., Cao, H., Wang, D., & Zhang, R. (2025). Adaptive partition based underwater polarization image restoration method for complex objects. *Scientific Reports*, *15*(1), 40410. https://doi.org/10.1038/s41598-025-93827-3)