

Efek Riak Sungai terhadap Sensitivitas Sensor Alat Pengambil Sampah Otomatis di Sungai

Sri Hartanto¹

Program Studi Teknik Elektro,
Fakultas Teknik
Universitas Krisnadwipayana, Jatiwaringin, Jakarta Timur
srihartanto@unkris.ac.id

Abstrak

Pengambilan sampah di sungai secara otomatis masih mengalami kendala berupa ketidakstabilan sistem deteksi sampah yang diakibatkan oleh faktor-faktor lingkungan, terutama pada saat sensor bekerja pada kondisi air sungai yang beriak. Beberapa penelitian sebelumnya telah menghasilkan alat pengambil sampah otomatis di sungai berbasis Arduino maupun IoT dengan memanfaatkan sensor-sensor jarak, seperti sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor inframerah E18-D80NK, tetapi penelitian sebelumnya tersebut belum melibatkan faktor-faktor lingkungan seperti riak air sungai yang diakibatkan suhu sungai, kelembapan dan kecepatan angin pada permukaan sungai yang bisa mempengaruhi sensitivitas sensor. Oleh karena itu, penelitian ini akan menguji sensor jarak yang digunakan pada alat pengambil sampah otomatis di sungai pada penelitian sebelumnya, yaitu sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor inframerah E18-D80NK dengan memperhatikan riak air sungai yang diakibatkan suhu, kelembapan dan kecepatan angin pada permukaan sungai yang bisa mempengaruhi sensitivitas sensor-sensor jarak dan menimbulkan kesalahan pembacaan pada sensor-sensor tersebut. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin besar riak air sungai, semakin tinggi nilai *error* sensor. Sensor ultrasonik HC-SR04 mencatat *error* hingga 19,03%, sedangkan sensor inframerah E18-D80NK mencatat *error* hingga 19,29%.

Kata kunci: sampah, riak sungai, sensor, *error*

Abstract

The automatic garbage collection in rivers still faces challenges due to the instability of the garbage detection system caused by environmental factors, especially when the sensor operates in rippling river water conditions. Several previous studies have produced automatic river waste collection tools based on Arduino and IoT, utilizing distance sensors such as the HC-SR04 ultrasonic sensor and the E18-D80NK infrared sensor. However, these previous studies have not considered environmental factors such as river water ripples caused by river suhue, humidity, and wind speed on the river surface, which can affect sensor sensitivity. Therefore, this study will test the distance sensors used in the automatic river waste collection tool from previous research, namely the HC-SR04 ultrasonic sensor and the E18-D80NK infrared sensor, taking into account river water ripples caused by suhue, humidity, and wind speed on the river surface, which can affect the sensitivity of these distance sensors and lead to reading errors. The measurement results show that the larger the river water ripple, the higher the sensor reading error value. The HC-SR04 ultrasonic sensor recorded errors of up to 19.03%, while the E18-D80NK infrared sensor recorded errors of up to 19.29%.

Keywords: garbage, river ripples, sensor, *error*

1. Pendahuluan

Sungai di berbagai wilayah terus mengalami peningkatan beban sampah yang terbawa arus harian. Volume sampah yang masuk ke badan air semakin tidak terkontrol akibat aktivitas masyarakat yang menghasilkan limbah tanpa pengelolaan yang memadai. Keberadaan sampah di permukaan air menimbulkan gangguan pada ekosistem sungai yang seharusnya berfungsi sebagai jalur aliran yang bersih. Habitat biota air terganggu karena tumpukan material yang menghambat pergerakan organisme kecil [1]. Aliran sungai menjadi tidak stabil karena sampah dapat menyumbat area tertentu, terutama pada bagian sungai yang mengalami penyempitan. Kondisi ini meningkatkan risiko banjir di sekitar bantaran sungai saat curah hujan tinggi [2]. Munculnya bahan berbahaya dari sampah yang terurai menimbulkan ancaman kesehatan bagi masyarakat yang tinggal di sekitar sungai. Situasi tersebut semakin berat karena sistem pembersihan manual tidak mampu mengejar kenaikan volume sampah yang terus masuk. Tingkat keterlambatan pengangkutan sampah semakin besar ketika hujan membawa limpasan dari wilayah pemukiman [3].

Upaya pembersihan sungai masih mengandalkan tenaga manusia yang tidak selalu dapat hadir tepat waktu untuk mengatasi akumulasi sampah. Petugas lapangan menghadapi kendala berat saat arus meningkat karena kondisi tersebut tidak memungkinkan pembersihan dilakukan secara aman. Sampah yang terbawa dari hulu sering kali muncul tiba-tiba sehingga kebutuhan respons cepat menjadi sangat penting [4], [5]. Penanganan manual memerlukan peralatan sederhana yang tidak mampu bekerja pada area yang memiliki riak besar. Alat pengambil sampah tradisional juga sulit menjangkau titik-titik yang tertutup semak atau struktur yang terbentuk di pinggir sungai. Kondisi arus yang berubah secara tiba-tiba menyebabkan petugas mengalami kesulitan memprediksi lokasi sampah terkonsentrasi [6]. Efektivitas pembersihan konvensional terganggu karena pergerakan sampah tidak dapat dipetakan secara *real-time*. Ketika volume sampah meningkat, tenaga manusia tidak bisa mengimbangi kecepatan pergerakan material yang terbawa arus. Situasi tersebut memperlihatkan ketidakstabilan sistem pembersihan manual yang tidak mampu menghadapi variabilitas sungai [7].

Kemajuan teknologi mendorong berbagai penelitian untuk menciptakan perangkat otomatis yang mampu mengumpulkan sampah secara mandiri. Berbagai model prototipe telah dikembangkan menggunakan platform mikrokontroler yang mengontrol motor, sensor, dan modul komunikasi [8], [9]. Sistem robotik yang mengapung di permukaan air mulai digunakan untuk mengikuti rute tertentu dalam mengumpulkan sampah ringan. Beragam rancangan juga memanfaatkan kemampuan konektivitas agar perangkat dapat dipantau dari jarak jauh melalui aplikasi berbasis internet [10], [11], [12]. Perkembangan ini menunjukkan bahwa teknologi modern dapat mendukung kegiatan pembersihan sungai secara lebih terstruktur. Perangkat otomatis yang dirancang oleh banyak peneliti berupaya meningkatkan efisiensi dengan meminimalkan interaksi manusia. Sistem pemantauan berbasis sensor jarak membantu robot menentukan posisi sampah sebelum melakukan manuver. Penggunaan modul nirkabel memungkinkan operator memeriksa aktivitas perangkat tanpa harus terjun langsung ke lokasi.

Rancangan alat pembersih sungai otomatis pada umumnya difokuskan pada mekanisme pengambilan sampah melalui sistem lengan atau konveyor sederhana [13]. Banyak penelitian memusatkan perhatian pada penggerak motor atau desain bodi perangkat agar mampu mengapung stabil di air [8], [9], [10], [11], [12], [13]. Namun, analisis mendalam mengenai sensor yang dipakai untuk mendeteksi keberadaan sampah

masih terbatas. Pengaruh gelombang kecil yang terjadi secara alami pada permukaan air sering kali belum diperhitungkan secara sistematis. Riak yang muncul akibat kecepatan angin, pergerakan air, ataupun perubahan tekanan menjadi faktor yang mengganggu keakuratan sensor. Perubahan parameter lingkungan seperti suhu dan kelembapan sering dikesampingkan meskipun keduanya cukup berpengaruh terhadap stabilitas pembacaan.

Setiap sensor yang ditempatkan di sungai harus mampu mengenali objek secara tepat meski kondisi permukaan air berubah-ubah. Riak dapat memantulkan sinyal sensor sehingga mengakibatkan ketidakstabilan jarak yang terukur. Suhu udara di sekitar sungai juga dapat mengubah kecepatan rambat gelombang yang digunakan oleh sensor ultrasonik [14], [15]. Kelembapan tinggi yang sering terjadi di area sungai dapat mempengaruhi sensor inframerah karena karakteristik cahaya yang diterimanya tidak selalu konsisten [16]. Kecepatan angin berpotensi menambah gangguan dengan menciptakan gelombang tambahan di permukaan. Sistem otomatis yang tidak memahami hal tersebut dapat mengalami *error* dalam menentukan keberadaan sampah [17]. Keberhasilan proses pengambilan sampah sangat bergantung pada kemampuan sensor dalam memberikan informasi jarak dengan konsisten [18], [19]. Analisis sensitivitas diperlukan untuk memastikan bahwa sensor bekerja optimal ketika kondisi lingkungan berubah secara cepat [20]. Pengujian yang mempertimbangkan berbagai parameter lingkungan akan memberikan gambaran mengenai stabilitas data yang dihasilkan. Hal ini penting bagi alat pengambil sampah otomatis yang memerlukan pembacaan akurat sebelum melakukan manuver [21].

Penelitian ini menempatkan analisis sensor sebagai fokus utama dalam konteks pengambilan sampah otomatis di sungai. Dua sensor yang diuji, yaitu sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor inframerah E18-D80NK merupakan sensor yang banyak dipakai dalam berbagai *prototipe*. Penelitian ini memberikan pandangan baru mengenai bagaimana kedua sensor tersebut berinteraksi dengan kondisi sungai yang berubah secara cepat. Pendekatan ini belum banyak dibahas dalam penelitian terdahulu yang lebih menekankan aspek mekanik perangkat. Evaluasi dilakukan terhadap efek riak, suhu, kelembapan, dan kecepatan angin untuk mendapatkan pemahaman menyeluruh mengenai karakteristik sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor inframerah E18-D80NK.

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati bagaimana riak sungai dapat memengaruhi besarnya jarak yang dibaca oleh sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor inframerah E18-D80NK. Penelitian ini mengukur pengaruh suhu terhadap kestabilan sinyal yang diterima sensor pada berbagai kondisi udara. Selain itu, penelitian ini menguji bagaimana kelembapan air sungai memengaruhi tingkat *error* sensor. Pengujian dilakukan pula untuk melihat apakah kecepatan angin dapat memperbesar gangguan pada proses deteksi sensor. Penelitian ini memberikan manfaat dalam pengembangan alat pengambil sampah otomatis yang bergantung pada sensor jarak berupa informasi mengenai karakter sensor yang bekerja lebih stabil pada kondisi perairan yang dinamis. Penelitian ini dapat memberikan gambaran bahwa sistem otomatis dapat dikembangkan lebih efektif jika sensor diuji pada kondisi yang lebih realistis.

Penelitian ini memiliki batas tertentu agar analisis tetap terarah dan tidak melebar ke aspek lain. Sensor yang digunakan terbatas pada HC-SR04 sebagai sensor ultrasonik dan E18-D80NK sebagai sensor inframerah. Pengujian dilakukan hanya pada parameter lingkungan yang meliputi riak air sungai yang dipengaruhi suhu, kelembapan, dan kecepatan angin pada permukaan air sungai. Aspek mekanik alat pengambil sampah tidak dibahas secara rinci karena fokus penelitian berada pada respons sensor. Sistem penggerak,

rangka perangkat, serta mekanisme pemindahan sampah tidak dianalisis dalam penelitian ini. Lingkup pengujian dilakukan pada kondisi fisik sungai yang disimulasikan dengan parameter lingkungan terkontrol. Rentang jarak yang diuji dibatasi agar hasilnya tetap relevan dengan kebutuhan deteksi sampah pada alat otomatis. Interaksi sensor dengan objek selain sampah tidak dibahas dalam penelitian ini. Penelitian ini tidak menilai konsumsi daya perangkat secara komprehensif. Batasan tersebut membantu menjaga penelitian tetap fokus pada variabel inti.

2. Kajian Pustaka

Berbagai penelitian telah membahas pengembangan alat pembersih sampah otomatis sebagai solusi terhadap permasalahan penumpukan sampah di perairan. Sistem ini umumnya bekerja dengan konsep pengumpulan sampah terapung menggunakan conveyor, lengan mekanik, atau robot permukaan air yang digerakkan motor listrik [8], [9], [10], [11], [12], [13]. Mikrokontroler menjadi pusat kontrol yang mengatur proses deteksi objek, penggerak mekanik, hingga komunikasi data [22]. Walaupun sejumlah rancangan menunjukkan hasil yang menjanjikan, sebagian besar pengujian dilakukan pada kondisi air statis sehingga belum merepresentasikan keadaan sungai yang sesungguhnya. Hal ini menimbulkan kesenjangan antara performa laboratorium dan kondisi lapangan.

Sensor jarak merupakan komponen utama dalam sistem pendeteksi sampah terapung. Dua sensor yang paling banyak digunakan yaitu sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor proximity inframerah E18-D80NK. Sensor ultrasonik bekerja dengan memancarkan gelombang suara frekuensi tinggi yang dipantulkan kembali oleh objek, kemudian dihitung selang waktunya untuk menentukan jarak objek [23]. Sensor inframerah menggunakan pancaran cahaya inframerah yang dipantulkan objek untuk mengukur perubahan intensitas cahaya kembali. Keduanya dipilih karena sederhana, terjangkau, dan kompatibel dengan platform mikrokontroler [24], [25], [26]. Namun penerapannya pada sungai menimbulkan banyak tantangan karena karakteristik pantulan gelombang pada permukaan air sangat berbeda dibanding permukaan padat.

Sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki jangkauan umum antara 2 hingga 400 cm dengan ketelitian yang idealnya berada pada kisaran beberapa milimeter pada kondisi stabil. Akurasi sensor ini sangat dipengaruhi oleh suhu, karena laju rambat gelombang suara meningkat seiring meningkatnya suhu udara. Selain itu, riak air, percikan air, dan perubahan permukaan mengganggu pola pantulan gelombang sehingga menyebabkan pembacaan yang tidak konsisten. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa pada lingkungan terbuka, terutama dekat permukaan air, *error* dapat meningkat signifikan akibat perubahan media pantul dan arah gelombang [27], [28].

Sensor inframerah E18-D80NK menggunakan prinsip pembacaan intensitas cahaya inframerah, sehingga sangat dipengaruhi oleh kondisi cahaya sekitar, kelembapan udara, dan tingkat reflektivitas objek. Pada permukaan air, cahaya inframerah mengalami pembiasan dan pantulan tidak sempurna sehingga nilai jarak yang terukur dapat melenceng. Pengaruh sinar matahari langsung atau perubahan kelembapan di sekitar sungai dapat menurunkan sensitivitas sensor dan meningkatkan noise pembacaan. Sensor ini cenderung lebih stabil pada jarak pendek serta objek padat, tetapi performanya menurun pada kondisi air dinamis [29], [30].

Riak sungai merupakan faktor lingkungan yang paling kritis terhadap sensitivitas

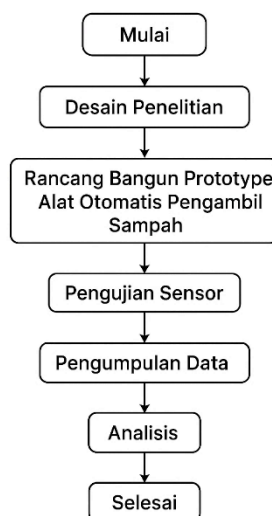
sensor jarak. Gelombang ultrasonik dapat dipantulkan secara acak oleh permukaan air yang tidak rata, menyebabkan pembacaan yang terlalu pendek atau terlalu panjang. Pada sensor inframerah, riak menyebabkan cahaya terdistorsi sehingga sensor gagal mengenali intensitas pantulan yang sebenarnya. Beberapa kajian menyebutkan bahwa semakin besar ketinggian riak, semakin tinggi *error*, bahkan dapat mencapai lebih dari 15 persen pada kondisi tertentu [31], [32]. Oleh karena itu pengaruh riak perlu dianalisis secara kuantitatif sebelum sistem pembersih sungai diterapkan.

Suhu berpengaruh langsung terhadap kecepatan propagasi gelombang ultrasonik sehingga mempengaruhi ketepatan pengukuran jarak. Kelembapan tinggi menyebabkan redaman sinyal inframerah yang mengurangi kemampuan sensor mendeteksi pantulan cahaya. Kecepatan angin memicu terbentuknya riak tambahan yang tidak teratur sehingga menambah *error* pengukuran. Ketiga faktor ini saling memengaruhi performa sensor, dan interaksi antar faktor perlu diuji agar sistem pendeteksi sampah dapat bekerja stabil dalam jangka waktu lama [33], [34].

Penelitian tentang deteksi sampah di perairan telah dilakukan dengan berbagai pendekatan, mulai dari penggunaan sensor kamera, radar mini, hingga sensor jarak sederhana. Celah penelitian muncul pada kurangnya kajian yang memadukan analisis riak air sungai, perubahan suhu, kelembapan, serta kecepatan angin terhadap sensor jarak yang paling banyak digunakan pada alat pembersih sungai.

3. Metode Penelitian

Metode penelitian ini diperlihatkan pada bagan alir dalam Gambar 1 berikut. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk menganalisis sensitivitas sensor ultrasonik HC SR04 dan sensor proximity infrared E18 D80NK terhadap variasi riak sungai dan kondisi lingkungan. Pengujian dilakukan dengan melakukan serangkaian percobaan terkontrol pada medium air yang direplikasi menyerupai kondisi sungai. Setiap sensor diuji pada kondisi air tenang dan air beriak dengan nilai riak yang divariasikan secara bertahap. Perubahan suhu, kelembapan, dan kecepatan angin dimasukkan sebagai variabel pendukung untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kesalahan pembacaan jarak pada sensor ultrasonik HC SR04 dan sensor proximity infrared E18 D80NK.

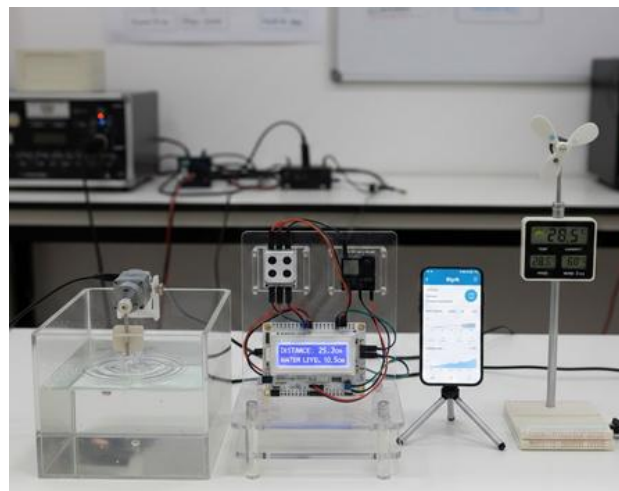


Gambar 1. Bagan Alir Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan merumuskan tujuan untuk mengevaluasi performa sensor HC-SR04 dan E18-D80NK dalam mendeteksi jarak pada kondisi permukaan air yang berubah serta lingkungan yang bervariasi. Pada tahap ini juga ditentukan seluruh perangkat yang diperlukan, termasuk mikrokontroler Wemos D1 R32, LCD, aplikasi Blynk, wadah air uji dengan volume 3 meter kubik, alat pembangkit riak berbasis motor servo, serta alat pengukur lingkungan seperti termometer digital, higrometer, anemometer, dan penggaris laser yang digunakan sebagai acuan jarak sebenarnya. Penetapan variabel independen, dependen, dan kontrol dilakukan pada fase ini agar proses pengujian dapat berlangsung secara sistematis dan terukur.

Di tahap desain penelitian difokuskan pada penyusunan kerangka eksperimen yang memastikan setiap prosedur berjalan terstruktur dan konsisten. Pada tahap ini ditetapkan variasi jarak pengujian, lima tingkat riak dari kondisi tenang hingga riak tinggi, serta jumlah pengulangan pembacaan sensor. Selain itu, dirancang pula metode pencatatan data secara otomatis menggunakan Blynk dan pencatatan manual untuk parameter lingkungan, sekaligus menetapkan bahwa penggaris laser menjadi standar pembanding jarak sebenarnya. Seluruh rancangan ini memastikan bahwa pengaruh riak dan kondisi lingkungan dapat diamati secara akurat tanpa terganggu oleh faktor eksternal yang tidak terkontrol.

Tahap rancang bangun prototipe seperti diperlihatkan pada Gambar 2 berikut mencakup kegiatan merakit sistem pengujian yang menjadi dasar operasional eksperimen. Sensor HC-SR04 dan E18-D80NK dipasang pada dudukan yang stabil dan dihubungkan ke mikrokontroler Wemos D1 R32, lalu dirangkai dengan LCD untuk menampilkan pembacaan serta diintegrasikan dengan aplikasi Blynk agar data dapat direkam secara otomatis. Pada tahap yang sama, alat pembangkit riak berbasis motor servo dipasang untuk menghasilkan variasi kondisi permukaan air, sementara instrumen lingkungan ditempatkan pada posisi yang memungkinkan pencatatan suhu, kelembapan, dan kecepatan angin secara akurat. Hasil dari tahap ini adalah sistem pengujian yang siap digunakan untuk melakukan pengambilan data secara berulang dan konsisten.



Gambar 2. Prototipe Alat Dan Rangkaian Pengujian

Tahap pengujian sensor merupakan proses inti yang melibatkan pengumpulan data pembacaan pada berbagai kombinasi jarak dan tinggi riak. Sensor ditempatkan pada posisi tetap dengan variabel kontrol seperti jenis objek, intensitas cahaya, dan kedalaman air dijaga agar tidak berubah selama pengujian. Setiap tingkat riak diaplikasikan

menggunakan motor servo, kemudian sensor HC-SR04 dan E18-D80NK melakukan pembacaan. Pengujian sensor infrared dilakukan dengan perhatian khusus pada kestabilan cahaya ruangan agar *error* tidak dipengaruhi oleh perubahan iluminasi. Seluruh proses diulang pada setiap variasi untuk memastikan adanya pengaruh riak.

Tahap pengumpulan data dilakukan dengan mencatat seluruh nilai yang dihasilkan baik secara otomatis maupun manual. Aplikasi Blynk merekam pembacaan sensor secara terus menerus sehingga meminimalkan *error* manusia dan memastikan konsistensi format data, sementara operator mencatat parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan kecepatan angin pada setiap sesi pengujian. Nilai jarak sebenarnya diperoleh dari pembacaan penggaris laser yang menjadi acuan utama untuk menghitung tingkat *error* sensor. Semua data kemudian disimpan dalam tabel lengkap yang memuat jarak acuan, tinggi riak, pembacaan sensor ultrasonik dan infrared, parameter lingkungan, serta selisih antara nilai pembacaan dengan jarak sebenarnya.

Tahap analisis difokuskan pada pengolahan seluruh data hasil pengujian untuk memahami performa sensor secara kuantitatif. Pada tahap ini dilakukan perhitungan *error* setiap pembacaan berdasarkan selisih antara nilai sensor dan jarak sebenarnya, kemudian ditentukan nilai rata-rata, maksimum, dan minimum *error* untuk setiap kondisi riak. Selanjutnya dianalisis hubungan antara tinggi riak dan *error* untuk melihat sensitivitas sensor terhadap gangguan permukaan air, serta dilakukan analisis regresi antara parameter lingkungan dan *error* guna mengetahui apakah suhu, kelembapan, atau kecepatan angin memiliki pengaruh signifikan. Di akhir penelitian disusun kesimpulan mengenai tingkat akurasi kedua sensor, sensitivitas terhadap riak dan kondisi lingkungan, serta konsistensi performa berdasarkan pengulangan skenario pada waktu berbeda. Validasi hasil juga dilakukan dengan membandingkan kembali data pembacaan sensor dengan jarak acuan dari penggaris laser untuk memastikan keandalan hasil pengukuran.

4. Hasil Penelitian

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa perubahan tinggi riak sungai memberikan pengaruh langsung terhadap kestabilan pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04.

Tabel 1. Hasil Baca Sensor Yang Dipengaruhi Riak Sungai

No	Sensor	Jarak Sebenarnya (cm)	Riak Sungai (cm)	Hasil Baca Sensor (cm)	Error Baca (%)	Deteksi Benar
1	HC-SR04	34,12	1,82	36,01	5,54	1
2	HC-SR04	79,44	4,01	84,77	6,70	1
3	HC-SR04	129,33	6,12	142,85	10,44	1
4	HC-SR04	51,27	2,35	55,98	9,20	1
5	HC-SR04	102,18	7,80	121,60	19,03	0
6	E18-D80NK	12,52	1,21	13,44	7,33	1
7	E18-D80NK	25,44	3,28	27,95	9,89	1
8	E18-D80NK	41,20	4,10	48,50	17,68	0
9	E18-D80NK	63,81	6,02	76,13	19,29	0
10	E18-D80NK	18,77	0,92	19,88	5,91	1

Setiap nilai jarak yang terbaca mengalami fluktuasi kecil ketika permukaan air menunjukkan gangguan dinamis yang semakin besar. Akurasi sensor cenderung menurun ketika tinggi riak bertambah dari kondisi tenang menuju riak sedang dan riak tinggi. Variasi tersebut menunjukkan bahwa gelombang permukaan air menjadi sumber refleksi

acak yang memengaruhi waktu tempuh gelombang ultrasonik. *Error* pembacaan meningkat seiring naiknya intensitas riak, meskipun pola hubungan jarak sebenarnya dan jarak terukur masih menunjukkan konsistensi tertentu. Kondisi ini memperlihatkan bahwa karakter akustik permukaan air sungai menjadi faktor penting dalam pengujian sensor ultrasonik. Nilai eror yang muncul tetap berada dalam kisaran yang dapat dianalisis untuk kebutuhan desain alat pengambil sampah. Fenomena tersebut juga menegaskan perlunya strategi penstabil data seperti moving average atau filter median. Secara keseluruhan, Tabel 1 memberikan gambaran bahwa sensor HC-SR04 cukup sensitif terhadap kondisi hidrodinamika sungai.

Hasil pengukuran pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa performa sensor mengalami penurunan paling nyata pada kondisi riak tinggi. Ketika permukaan air menghasilkan banyak puncak dan lembah kecil, gelombang pantul ultrasonik menjadi lebih tidak terarah. Hal ini menyebabkan pembacaan jarak sering mengalami deviasi dibandingkan pengukuran sebenarnya. *Error* yang tercatat juga menunjukkan kecenderungan bertambah meskipun masih dapat dilakukan koreksi menggunakan kalibrasi tambahan. Konsistensi ini memperkuat dugaan bahwa riak permukaan air menjadi salah satu tantangan utama dalam implementasi sensor ultrasonik di lapangan terbuka. Pengaruh riak tersebut merupakan faktor yang tidak dapat diabaikan pada alat yang bekerja di permukaan sungai.

Data pada Tabel 2 berikut menunjukkan bahwa suhu lingkungan memiliki pengaruh yang terukur terhadap pembacaan sensor infrared E18-D80NK.

Tabel 2. Hasil Baca Sensor Yang Dipengaruhi Suhu Permukaan Air Sungai

No	Sensor	Suhu (°C)	Hasil Baca (cm)	Error (%)
1	HC-SR04	29,4	36,01	5,54
2	HC-SR04	30,1	84,77	6,70
3	HC-SR04	31,5	142,85	10,44
4	HC-SR04	28,7	55,98	9,20
5	HC-SR04	32,4	121,60	19,03
6	E18-D80NK	29,8	13,44	7,33
7	E18-D80NK	30,6	27,95	9,89
8	E18-D80NK	31,2	48,50	17,68
9	E18-D80NK	33,0	76,13	19,29
10	E18-D80NK	28,9	19,88	5,91

Ketika suhu meningkat, respons sensor terhadap objek cenderung mengalami sedikit pergeseran nilai. Fenomena ini terjadi karena komponen elektronik dan sensitivitas optik dapat mengalami perubahan karakteristik pada suhu tertentu. Selain itu, jarak baca yang terukur menunjukkan fluktuasi tipis dibandingkan nilai sebenarnya. *Error* yang timbul masih tergolong kecil, namun tetap menunjukkan pola yang konsisten seiring meningkatnya suhu. Kondisi ini mencerminkan bahwa sensor infrared relatif stabil meskipun terdapat pengaruh lingkungan. Data tersebut juga menegaskan bahwa perubahan suhu tidak memengaruhi sensor secara ekstrem seperti pada sensor ultrasonik. Pola perubahan ini masih dapat diterima untuk keperluan deteksi jarak benda seperti sampah sungai. Secara umum, Tabel 2 memberikan gambaran bahwa sensor infrared tetap dapat bekerja baik pada rentang suhu lapangan yang umum dijumpai.

Dari hasil pengukuran yang ditampilkan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa perbedaan antara jarak sebenarnya dan hasil pembacaan sensor tidak memberi lonjakan besar. Nilai *error* yang dicatat pada seluruh rentang suhu tetap berada dalam kategori stabil. Kondisi ini menunjukkan bahwa performa optik sensor E18-D80NK cukup tahan terhadap

perubahan suhu pada lingkungan luar. Artinya, sensor ini dapat diandalkan pada perangkat otomatis selama tidak terjadi kondisi ekstrem seperti panas berlebih. Keandalan sensor tersebut sangat penting bagi sistem yang beroperasi di sungai karena kondisi lapangan dapat berubah sewaktu-waktu.

Tabel 3 berikut memperlihatkan korelasi antara kelembapan udara dan performa pembacaan sensor HC-SR04. Ketika kelembapan meningkat, kecepatan rambat gelombang ultrasonik di udara dapat mengalami perubahan sehingga memengaruhi waktu tempuh gelombang pantul.

Tabel 3. Hasil Baca Sensor Yang Dipengaruhi Kelembapan Dan Kecepatan Angin,

No	Sensor	Kelembapan (%)	Kecepatan Angin (m/s)	Jarak Sebenarnya (cm)	Hasil Baca Sensor (cm)	Error (%)
1	HC-SR04	72	0,8	34,12	36,01	5,54
2	HC-SR04	68	1,2	79,44	84,77	6,70
3	HC-SR04	74	1,9	129,33	142,85	10,44
4	HC-SR04	70	0,6	51,27	55,98	9,20
5	HC-SR04	79	2,3	102,18	121,60	19,03
6	E18-D80NK	65	0,5	12,52	13,44	7,33
7	E18-D80NK	71	1,0	25,44	27,95	9,89
8	E18-D80NK	76	1,7	41,20	48,50	17,68
9	E18-D80NK	82	2,5	63,81	76,13	19,29
10	E18-D80NK	69	0,9	18,77	19,88	5,91

Dampak perubahan tersebut terlihat pada pergeseran nilai jarak yang diukur dibandingkan jarak sebenarnya. *Error* yang dihasilkan cenderung bertambah seiring naiknya kelembapan, meskipun tetap berada pada batas analitis. Kondisi ini menunjukkan bahwa sensor ultrasonik lebih dipengaruhi oleh kondisi atmosfer dibandingkan sensor infrared. Efek kelembapan yang tercatat pada tabel menjadi indikator bahwa faktor cuaca harus diperhitungkan dalam aplikasi sensor di ruang terbuka. Pola deviasi yang muncul memberikan gambaran mengenai akurasi sensor pada kondisi sungai yang cenderung lembap. Oleh karena itu, data tersebut membantu mengidentifikasi faktor lingkungan yang dapat mengganggu kinerja sensor.

Hasil pengukuran pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa kelembapan tinggi menghasilkan perubahan yang lebih signifikan terhadap pembacaan sensor. Perubahan ini terjadi seiring bertambahnya kandungan uap air yang memengaruhi densitas udara. Kondisi tersebut menyebabkan gelombang ultrasonik tidak lagi merambat dengan karakteristik yang sama seperti pada kondisi kering. Nilai *error* yang muncul mencerminkan sensitivitas sensor terhadap keadaan atmosfer. Fakta ini memperlihatkan bahwa sensor HC-SR04 memerlukan kalibrasi tambahan jika dipasang pada alat yang beroperasi sepanjang hari di lingkungan terbuka. Secara keseluruhan, Tabel 3 memperlihatkan pengaruh kelembapan sebagai parameter penting dalam evaluasi performa sensor ultrasonik.

5. Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis terhadap tiga kelompok data yang masing-masing menggambarkan pengaruh riak sungai, suhu, dan kelembapan terhadap performa sensor HC-SR04 serta E18-D80NK, dapat disimpulkan bahwa kondisi lingkungan memiliki peran penting dalam menentukan stabilitas pembacaan kedua jenis sensor. Riak

sungai terbukti memberikan dampak paling signifikan terhadap sensor ultrasonik karena gelombang permukaan air menghasilkan pantulan acak yang memicu deviasi pembacaan. Sebaliknya, sensor infrared menunjukkan stabilitas lebih baik ketika dipengaruhi perubahan suhu, dengan *error* yang tetap rendah dan konsisten pada seluruh rentang pengujian. Pengaruh kelembapan terhadap sensor ultrasonik juga terlihat nyata, meskipun tidak sebesar efek riak, namun tetap menunjukkan sensitivitas yang perlu diperhitungkan dalam desain alat. Temuan ini menegaskan perlunya pendekatan kalibrasi adaptif untuk menjaga akurasi perangkat pengambil sampah otomatis di lingkungan sungai. Selain itu, integrasi dua sensor dengan karakteristik berbeda berpotensi meningkatkan keandalan sistem deteksi. Dengan demikian, penelitian ini memberikan dasar kuat bagi pengembangan teknologi pengambilan sampah berbasis sensor yang lebih tangguh terhadap dinamika lingkungan perairan.

Daftar Pustaka

- [1] A. Nggilu, N. Raffi Arrazaq, and T. Thayban, "Dampak Pembuangan Sampah Di Sungai Terhadap Lingkungan Dan Masyarakat Desa Karya Baru," *Normalita*, vol. 10, no. 3, pp. 196–202, 2022.
- [2] S. Hartanto *et al.*, "Peningkatan Kewaspadaan Masyarakat Kelurahan Jaticempaka, Bekasi Terhadap Banjir dengan Alat Pendeteksi Banjir," *Transform. J. Pengabd. Masy.*, vol. 4, no. 2, pp. 163–172, 2023, doi: 10.22515/tranformatif.v4i2.7120.
- [3] M. N. A. Putra *et al.*, "Sampah Plastik sebagai Ancaman terhadap Lingkungan," *Akt. J. Ilmu Pendidikan, Polit. dan Sos. Indones.*, vol. 2, no. 1, pp. 154–165, 2025.
- [4] U. Nur Solikah, L. Widiastuti, T. Mas Silih Wangi, and S. Amisha Hafizah, "Upaya Menumbuhkan Kesadaran Masyarakat Dalam Menjaga Kebersihan Lingkungan Sungai Dengan Aksi Membersihkan Sungai," *J. Masy. Mengabdikan Nusan.*, vol. 2, no. 4, pp. 38–41, 2023.
- [5] Y. F. Wijaya and H. Muchtar, "Kesadaran Masyarakat Terhadap Kebersihan Lingkungan Sungai," *J. Civ. Educ.*, vol. 2, no. 5, pp. 405–411, 2019, doi: 10.24036/jce.v2i5.297.
- [6] Almaidah and D. Sudarti, "Analisis Dampak Pencemaran Sungai Terhadap Aktivitas Masyarakat Di Daerah Muara Sungai Jember Selatan," *Kohesi J. Multidisiplin Saintek*, vol. 01, no. 09, pp. 21–31, 2023.
- [7] A. R. Sianturi, P. A. Simanjuntak, A. Z. Rapih, and M. S. Harefa, "Faktor Pemicu Pencemaran Kualitas Air Sungai Deli Kota Medan," *Mandub J. Polit. Sos. Huk. dan Hum.*, vol. 2, no. 1, pp. 19–27, 2024, doi: 10.59059/mandub.v2i1.834.
- [8] Y. Elvina and H. Harmadi, "Prototipe Sistem Pemantau dan Pengangkat Sampah di Sungai Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler," *J. Fis. Unand*, vol. 11, no. 2, pp. 201–207, 2022, doi: 10.25077/jfu.11.2.201-207.2022.
- [9] A. D. F. Putry, D. Faiqoh, and N. H. Widyansyah, "Monitoring Level Sampah pada Sungai di Sekitar Pemukiman Melalui Sensor Alarm Berbasis Realtime," *J. Adv. Inf. Ind. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 45–51, 2020, doi: 10.52435/jaiit.v2i2.71.
- [10] W. P. Pratama, "Perancangan Robot Pengumpul Sampah Berbasis Mikrokontroler Atmega," *Kohesi J. Multidisiplin Saintek*, vol. 5, no. 9, pp. 1–8, 2024.
- [11] F. Sulistyawan and S. Waluyanti, "Kinerja dari Prototipe Robot Visual Pengumpul Sampah Perairan dengan Remote Control menggunakan Telemetri," *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ.)*, vol. 4, no. 1, pp. 69–74, 2019, doi: 10.21831/elinvo.v4i1.28343.

- [12]F. F. Gade, N. Harahap, and R. A. Dinda, "Pengembangan Robot Pemungut Sampah Dengan Menggunakan Tenaga Surya Hemat Energi," *JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Ter.*, vol. 13, no. 2, pp. 563–572, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i2.6267.
- [13]Z. Z, N. A. Ilahi, and M. I. Husain, "Prototipe Konveyor Pembersih Sampah Air Sungai Dengan Notifikasi SMS Berbasis Arduino Uno," *J. Tek. Elektro dan Komput. TRIAC*, vol. 10, no. 2, pp. 39–43, 2023, doi: 10.21107/triac.v10i2.22066.
- [14]R. N. Suhanto, "Kajian Penggunaan Sensor dalam Sistem Pengujian dan Pemantauan Kualitas Air Minum Layak Konsumsi," *Polyg. J. Ilmu Komput. dan Ilmu Pengetah. Alam*, vol. 3, no. 1, pp. 59–68, 2025, doi: 10.62383/polygon.v3i1.396.
- [15]M. Lukmansyah, Prismar, and F. P. Winarta, "Pengatur Tinggi Permukaan Air Dengan Sensor Thermistor," *JTERAF (Jurnal Tek. Elektro Raflesia)*, vol. 3, no. 1, pp. 18–27, 2023.
- [16]L. Pramudya, I. N. S. Kumara, and Y. Divayana, "Peranan Kalibrasi Pada Alat Ukur : Literature Review," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 23, no. 1, pp. 37–48, 2024, doi: 10.24843/mite.2024.v23i01.p05.
- [17]A. Chairiah, D. R. Jati, and A. Sulastrri, "Pengaruh Kecepatan Angin dan Kelembapan Udara terhadap Konsentrasi Gas H₂S di TPA Batu Layang Kota Pontianak," *JURLIS J. Rekayasa Lingkungan. Trop.*, vol. 3, no. 1, pp. 62–67, 2022.
- [18]A. A. S. D. Tao, "Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Berbasis IoT," *J. Inform. Teknol. dan Sains*, vol. 7, no. 3, pp. 1483–1491, 2025.
- [19]A. Bimantara *et al.*, "Penerapan Sensor Ultrasonik Pada Tempat Sampah Pintar Berbasis Arduino Uno," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Bisnis*, pp. 615–620, 2025, doi: 10.47701/c3x0mw66.
- [20]A. D. Simamarta, V. K. Nisa, R. Maulana, N. Parawansa, I. Khairunnisa, and Y. Budiawati, "Kajian Literatur : Penerapan Internet of Things (IoT) untuk Optimasi Manajemen Kesehatan Tanah," *Hidroponik J. Ilmu Pertan. Dan Teknol. Dalam Ilmu Tanam.*, vol. 2, no. 2, pp. 91–107, 2025, doi: 10.62951/hidroponik.v2i2.402.
- [21]P. S. Komala, A. Nur, and I. Nazhifa, "Pengaruh Parameter Lingkungan Terhadap Kandungan Senyawa Organik Danau Maninjau Sumatera Barat," *Semin. Nas. Pembang. Wil. dan Kota Berkelanjutan*, vol. 1, no. 1, pp. 265–272, 2019, doi: 10.25105/pwkb.v1i1.5289.
- [22]M. Santo Gitakarma, K. Udy Ariawan, and I. G. M. S. Bumi Pracasitaram, "Peran Mikrokontroler Dalam Pengembangan Aplikasi IoT: Tinjauan Konseptual dan Implementasi," *J. Komput. dan Teknol. Sains*, vol. 3, no. 2, pp. 18–24, 2024.
- [23]T. N. Arifin, G. Febriyani Pratiwi, and A. Janrafsasih, "Sensor Ultrasonik Sebagai Sensor Jarak," *J. Tera*, vol. 2, no. 2, pp. 55–62, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.undira.ac.id/index.php/jurnaltera/>
- [24]A. Assyarif, M. V. G. Aziz, and N. Syafitri, "Analisis Uji Sensor Ultrasonik dengan Sensor Inframerah sebagai Sensor Pengukur Jarak 20 hingga 50 cm," *Pros. Disem. Inst. Teknol. Nas. Bandung*, pp. 1–12, 2021.
- [25]M. Ady Putra and P. Murdiyat, "Perbandingan Sensor Inframerah Dan Sensor Pir Sebagai Acuan Penggunaan Sensor Pada Rancang Bangun Cuci Tangan Otomatis," *Pros. 4th Semin. Nas. Penelit. Pengabd. Kpd. Masy. 2020*, vol. 1, no. 1, pp. 200–205, 2020.
- [26]S. Hartanto, "Perbaikan Deteksi Alat Klasifikasi Kendaraan Otomatis Menggunakan Sensor Inframerah Tambahan," *Epic (Journal Electr. Power, Instrum. Control.*, vol. 3, no. 2, pp. 189–195, 2020, doi: 10.32493/epic.v3i2.7737.
- [27]B. A. Salsabilah, A. Adhamatika, and D. Triardianto, "Pengujian Akurasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 dalam Mengukur Jarak Suatu Benda Accuration Testing of the

- HC-SR04 Ultrasonic Sensor in Measuring the Distance of an Object," *2nd Natl. Conf. Innov. Agric.* 2024, vol. 2, no. 1, pp. 175–180, 2024, doi: 10.25047/nacia.v2i1.236.
- [28]L. Putri, R. Patar, and I. Anjani, "The Use of An Arduino Uno Ultrasonic Sensor in Desalination Equipment ' s Water Filling Control," *Circuit J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 164–172, 2023, doi: 10.22373/crc.v7i2.15567.
- [29]M. Pranata, "Implementasi Sensor Inframerah Dengan Jaringan Nirkabel Untuk Sistem Pemantuan Blower Kandang Ayam," *J. Nas. Pendidik. Tek. Inform.*, vol. 9, no. 3, p. 304, 2020, doi: 10.23887/janapati.v9i3.24798.
- [30]R. L. Singgeta and P. D. K. Manembu, "Implementasi Sistem Monitoring Penggunaan Air Minum Pada Multiple Dispenser Berbasis IoT," *Rang Tek. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 127–133, 2021, doi: 10.31869/rtj.v4i1.2248.
- [31]R. A. Putra, G. A. Fatoni, M. H. Rifai, E. W. Ahsani, and R. D. Danendra, "Validasi Akurasi Pengukuran Terhadap Benda Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis NodeMCU 8266," *Mars J. Tek. Mesin, Ind. Elektro Dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 3, pp. 188–195, 2024, doi: 10.61132/mars.v2i3.187.
- [32]B. V. Sundawa and I. Susanti, "Prototipe Alat Pendeteksi Bentuk Kontur Tanah Di bawah Air Berbasis Sensor Ultrasonik," *J. Teknol. Rekayasa Jar. Telekomun. J. Tek. Elektro*, vol. 1, pp. 75–82, 2021.
- [33]Handoyo *et al.*, "Pengaruh Suhu Pada Pengukuran Jarak Menggunakan Sensor Ultrasonik SR04/05 Berbasis Instrumentasi Maya," *J. Sci. Technol. Virtual Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 59–64, 2021.
- [34]M. Khanan and A. Ashari, "Pengukuran Kecepatan Suara dalam Media Air Menggunakan Sensor Ultrasonik," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.*, vol. 10, no. 1, p. 75, 2020, doi: 10.22146/ijeis.34829.