

Metode Pengumpulan Data Debit Air Pada Saluran Distribusi Air PDAM Makassar Berbasis IoT

^{1*} Andi Imran, ² Nurul Azizah, ³ Satria Gunawan Zain, ⁴ Zulhajji, ⁵ Dwi Ajiatmo,

^{1, 4} Rekayasa Elektro, Universitas Negeri Makassar, Makassar

^{2, 3} Teknik Komputer, Universitas Negeri Makassar, Makassar

⁵ Teknik Elektro, Universitas Darul Ulum, Jombang

¹andi_imran@unm.ac.id, ²nurulazizah31102@gmail.com, ³satria.gunawan.zain@unm.ac.id, ⁴zulhajji@unm.ac.id, ⁵ajiatmo@gmail.com

Article Info

Article history:

Received September 12th, 2024

Revised September 20th, 2024

Accepted Oktober 26th, 2024

Keyword:

Water Discharge,
PDAM Makassar,
ESP32-CAM,
Optical Character Recognition
(OCR),
IoT

ABSTRACT

Water is an important resource for human survival as well as various economic sectors. PDAM is responsible for providing water supply to the community. One of the major challenges faced in managing water supply is the problem of water loss or leakage. This research aims to overcome this problem by designing an innovative method to collect water discharge data on the distribution channel of PDAM Makassar using Internet of Things (IoT) technology. This method uses the ESP32-CAM to take images of the water meter on the main pipe and save it to a database. Optical Character Recognition (OCR) technology is used to convert the image into text that can be processed. The test results show that the average error in meter readings is 0.215% with an average accuracy rate of 98%. Overall the system works well in reading digital meters and is reliable in monitoring water consumption visually and in real-time. Thus, this method can be an effective solution in detecting water leaks and improving the efficiency of water supply management by PDAMs, as well as saving resources and operational costs.

Copyright © 2024 Jurnal JEETech.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Andi Imran,

Teknik Elektro, Universitas Negeri Makassar,

JL. Daeng Tata Raya Parangtambung, Makassar

Email: andi_imran@unm.ac.id

Abstrak— Air merupakan sumber daya yang penting bagi kelangsungan hidup manusia serta berbagai sektor ekonomi. PDAM bertanggung jawab dalam menyediakan pasokan air kepada masyarakat. Salah satu tantangan besar yang dihadapi dalam pengelolaan pasokan air adalah masalah kehilangan atau kebocoran air. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah tersebut dengan merancang sebuah metode inovatif untuk mengumpulkan data debit air pada saluran distribusi PDAM Makassar dengan menggunakan teknologi Internet of Things (IoT). Metode ini menggunakan ESP32-CAM untuk mengambil gambar meteran air pada pipa induk dan menyimpannya ke database. Teknologi Optical Character Recognition (OCR) digunakan untuk mengonversi gambar tersebut menjadi teks yang dapat diolah. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata error pada pembacaan meteran sebesar 0.215% dengan tingkat rata-rata akurasi mencapai 98%. Secara keseluruhan sistem bekerja dengan baik dalam membaca meteran digital dan dapat diandalkan dalam memantau konsumsi air secara visual dan realtime. Dengan demikian, metode ini dapat menjadi solusi efektif dalam mendeteksi kebocoran air dan meningkatkan efisiensi pengelolaan pasokan air oleh PDAM, serta dapat menghemat sumber daya dan biaya operasional.

I. Pendahuluan

PDAM berperan penting dalam menjamin kecukupan air bersih untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari masyarakat maupun industri. Dalam mengelola pasokan air pada saluran distribusi PDAM Makassar memiliki beberapa tantangan yang perlu diatasi, salah satunya kebocoran atau kehilangan air[1]. Dalam hasil wawancara dengan pegawai PDAM Makassar, diketahui bahwa PDAM Makassar memiliki tingkat kehilangan air hingga 49% yang menyebabkan PDAM mengalami kerugian.

Masalah kehilangan atau kebocoran air pada saat pendistribusian air minum masih menjadi masalah besar di Indonesia. Salah satu penyebab kerugian atau kehilangan air secara fisik adalah karena pipa distribusi yang bocor[2]. Berdasarkan hal tersebut, perusahaan pengelola air minum mencatat kehilangan air dengan mencatat adanya perbedaan debit air yang dikirim dan diterima. Namun, masih kesulitan dalam menemukan lokasi kebocoran pipa air[3].

Selama ini PDAM menerapkan sistem pemantauan secara visual onsite untuk pencatatan debit air setiap percabangan pipa induk kemudian dikalkulasi jumlah debit air yang lewat ke cabang pipa dan membandingkannya dengan jumlah air yang diproduksi PDAM[4]. Metode konvensional ini memakan waktu, tenaga dan rentan terhadap kesalahan serta tidak real-time. Saat ini sistem pengukuran pada meteran air PDAM masih dilakukan secara manual, yaitu pemantau meteran air dilakukan dengan dikunjungi oleh petugas PDAM secara berkala dalam sebulan sekali sehingga rentan dari kesalahan dan tidak akurat[5].

Kerugian yang dialami juga berdampak pada tenaga kerja. PDAM Makassar harus mengalokasikan sumber daya manusia dan waktu untuk mengidentifikasi, mengatasi, dan mengawasi masalah kehilangan air[6]. Proses ini membutuhkan tambahan tenaga kerja dan biaya operasional yang signifikan. Dengan tingkat kehilangan yang tinggi, tenaga kerja tersebut mungkin akan lebih baik digunakan untuk meningkatkan pelayanan kepada pelanggan atau melaksanakan pekerjaan lain yang lebih produktif.

Tingkat kehilangan air yang tinggi berpotensi menyebabkan pelanggan mengajukan komplain. Pelanggan yang mengalami masalah seperti aliran air yang tidak lancar, tekanan air yang rendah, atau bahkan kekurangan pasokan air, mungkin akan mengajukan komplain pada pihak PDAM[7]. Hal ini bisa berdampak buruk pada reputasi PDAM Makassar dan berpotensi memicu ketidakpuasan pada pelanggan yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kinerja operasional dan citra perusahaan.

Untuk memperoleh data meteran air di pipa percabangan secara efektif dan efisien digunakan metode baru sebagai solusi dalam mengatasi kebocoran atau kehilangan air[8]. Solusi ini berbasis ESP32-CAM, yang memungkinkan pemantauan penggunaan air secara visual dan real-time. Dengan menggunakan teknologi ini, ESP32-CAM akan mengambil gambar kemudian mengekstraknya diharapkan PDAM Makassar dapat mengidentifikasi kehilangan atau kebocoran air dengan lebih cepat, meminimalkan kesalahan manusia, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya air secara keseluruhan[9].

Penelitian yang dilakukan oleh Widiasari dkk[10], bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring penggunaan air PDAM berbasis IoT menggunakan sensor water flow dan turbidity, serta ditampilkan melalui aplikasi blynk pada smartphone dan LCD dan mengevaluasi akurasi sensor, kekeruhan air PDAM, dan kinerja sistem penghitung perkiraan biaya.

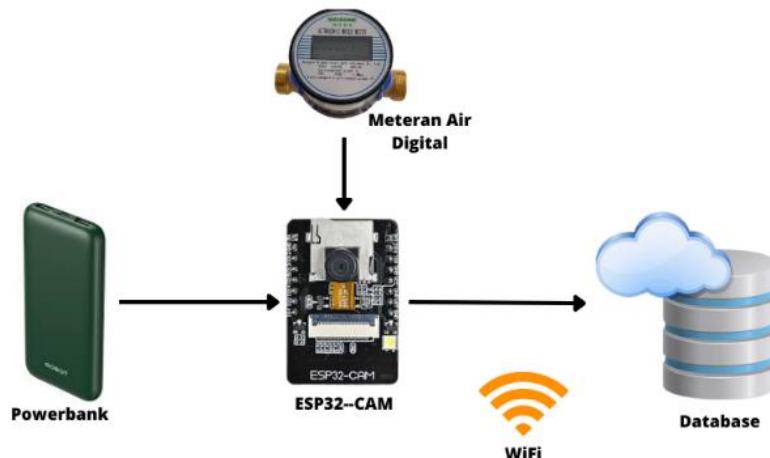
Penelitian dilakukan oleh Prasetya dkk[11], bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sistem monitoring dan pendekripsi kebocoran pipa berbasis IoT menggunakan sensor debit, serta untuk meningkatkan akurasi dalam mendekripsi dan menentukan jumlah kebocoran pada jaringan pipa air.

Penelitian yang dilakukan oleh Sanjaya dkk[12], bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan meteran air berbasis Optical Character Recognition (OCR) menggunakan ESP32-CAM dan raspberry pi zero.

Berdasarkan uraian tersebut, peneliti melakukan penelitian menggunakan “Metode pengumpulan data debit air pada saluran distribusi PDAM Makassar berbasis IoT”.

II. Metode Penelitian

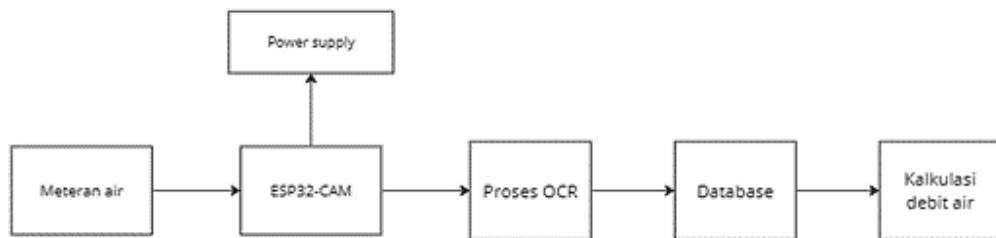
Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D).



Gambar 1 Arsitektur Sistem

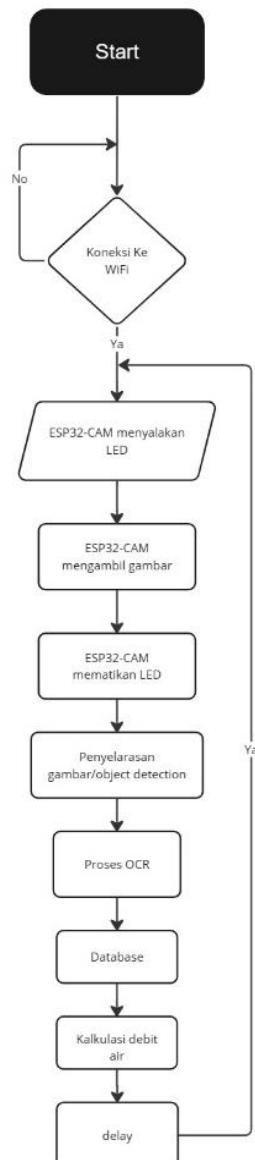
Pada Gambar 1 menampilkan perancangan alat untuk metode pengumpulan data debit air pada saluran distribusi PDAM Makassar. Komponen yang digunakan dalam alat ini yaitu powerbank sebagai sumber dayanya, ESP32-CAM sebagai perangkat utama untuk mengumpulkan dan menransmisikan data, meteran air digital untuk mengukur debit air, database untuk menyimpan data dan koneksi WiFi[13].

A. Perancangan Blok Diagram Sistem



Gambar 2 Blok Diagram

Berdasarkan Gambar 2 diatas menggambarkan alur sistem dari metode pengumpulan data debit air berbasis ESP32-CAM. Pertama, data meteran digital dikirim ke perangkat ESP32-CAM yang dapat mengambil gambar pada meteran air dimana ESP32-CAM mendapatkan daya dari power supply untuk menjalankan operasinya[14]. Data yang berhasil diambil kemudian diproses oleh OCR untuk mengenali dan mengekstrak informasi meteran, seperti angka-angka yang menunjukkan penggunaan air[14]. Setelah data berhasil diekstrak, informasi tersebut disimpan dalam database yang digunakan untuk menyimpan penggunaan air. Selanjutnya, data yang ada pada database ini digunakan untuk melakukan kalkulasi debit air dengan membandingkan pembacaan meteran air sebelum dan sesudah penggunaan[15].

B. Flowchart Sistem

Gambar 3 Flowchart Sistem

Pada Gambar 3 menjelaskan cara kerja sistem. Pertama-tama ESP32-CAM akan terkoneksi ke WiFi. Setelah ESP32-CAM terkoneksi ke WiFi, maka ESP32-CAM akan menyalaikan lampu LED untuk penerangan agar gambar/citra yang diambil memiliki tingkat kontras yang tinggi[16]. Kemudian ESP32-CAM mengambil citra meteran air. Setelah itu citra dirapikan untuk mempermudah proses object detection, setelah itu lampu LED dimatikan[17]. Setelah itu, hasil dari OCR dikirim ke database untuk menyimpan data dan dikelola[18]. Setelah data terkumpul, dilakukan proses kalkulasi debit air untuk menghitung debit air yang lewat pada saluran pipa[19].

III. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini menghasilkan metode pengumpulan data debit air pada saluran distribusi PDAM Makassar berbasis IoT untuk memantau penggunaan air secara visual dan relatif untuk mengurangi tingkat kehilangan air pada saluran distribusi air PDAM Makassar. Dengan menggunakan IoT, penelitian ini mengumpulkan data mengenai jumlah air yang digunakan pada saluran distribusi. Tujuannya adalah memantau penggunaan air secara langsung dan real-time untuk mengurangi kehilangan air dalam saluran distribusi PDAM Makassar. Metode ini dimaksudkan untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan air di Makassar.

1. Hasil Perancangan



Gambar 4 Hasil Perancangan Prototipe

Pada gambar 4 merupakan sistem yang dibuat sesuai dengan konsep awal dimana ESP32-CAM akan mengambil gambar meteran pipa induk kemudian mengirim datanya kedatabase dan akan mengonversi gambar tersebut menjadi teks dengan menggunakan Optical Character Recognition (OCR). Data gambar dan hasil konversi tersebut selanjutnya dikirim ke database. Informasi tersebut dapat diakses melalui sebuah website, yang memungkinkan pemantauan penggunaan air pada meteran pipa percabangan secara visual dan real-time.

ID	Hasil Deteksi	Waktu Pengujian	Image
1	10	11.4426 detik	
2	109	11.0234 detik	
3	10	13.5621 detik	
4	106	13.0494 detik	
5	107	14.5999 detik	

Gambar 5 Tampilan Halaman Deteksi

Pada Gambar 5 merupakan halaman deteksi dimana Pada halaman ini, setiap gambar yang diambil akan diolah untuk mendeteksi dan mengenali teks dan ditampilkan bersama dengan waktu pengujian yang dibutuhkan dan hasil deteksi yang telah dilakukan.

2. Hasil Pengujian

a. Pengukuran Akurasi Kualitas Gambar

Tabel I Hasil Pengukuran Akurasi Kualitas Gambar Meteran

Resolusi Gambar		Kualitas Warna	Kualitas Kontras	Distorsi gambar	Stabilitas Gambar
800 x 600	Gambar 1	cukup	rendah	tidak ada	stabil
	Gambar 2	baik	tinggi	tidak ada	stabil
	Gambar 3	cukup	rendah	tidak ada	stabil
	Gambar 4	cukup	tinggi	tidak ada	stabil
	Gambar 5	baik	tinggi	tidak ada	stabil
1024 x 768	Gambar 1	baik	cukup	tidak ada	stabil
	Gambar 2	cukup	cukup	tidak ada	stabil
	Gambar 3	cukup	cukup	tidak ada	stabil
	Gambar 4	baik	tinggi	tidak ada	stabil
	Gambar 5	baik	tinggi	tidak ada	stabil
1280 x 1024	Gambar 1	baik	tinggi	tidak ada	stabil
	Gambar 2	baik	tinggi	tidak ada	stabil
	Gambar 3	baik	tinggi	tidak ada	stabil
	Gambar 4	baik	tinggi	tidak ada	stabil
	Gambar 5	baik	tinggi	tidak ada	stabil
1600 x 1200	Gambar 1	baik	tinggi	tidak ada	stabil
	Gambar 2	baik	tinggi	tidak ada	stabil
	Gambar 3	baik	tinggi	tidak ada	stabil
	Gambar 4	baik	tinggi	tidak ada	stabil
	Gambar 5	baik	tinggi	tidak ada	stabil

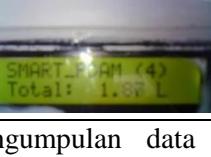
Pada tabel merupakan hasil pengukuran akurasi kualitas gambar yang telah dilakukan dengan membandingkan resolusi 800x600 hingga 1600x1200 pixel. Pada resolusi 800x600 pixel, Gambar 1 menunjukkan kualitas warna cukup, kualitas kontras rendah, tanpa distorsi gambar, dan gambar stabil, sementara pada Gambar 2 memiliki kualitas warna yang baik, kualitas kontras tinggi, tanpa distorsi dan gambar stabil. Untuk Gambar 3 memiliki kualitas warna cukup, kualitas kontras rendah, tanpa distorsi dan gambar stabil. Kemudian pada Gambar 4 memiliki kualitas warna cukup, kualitas kontras tinggi, tanpa distorsi dan gambar stabil. Dan pada Gambar 5 memiliki kualitas warna yang baik, kualitas kontras tinggi, tanpa distorsi dan gambar stabil. Pada resolusi 1024x768 pixel, Gambar 1 menunjukkan kualitas warna baik, kualitas kontras cukup, tanpa distorsi gambar, dan gambar stabil, sementara pada Gambar 2 memiliki kualitas warna cukup, kualitas kontras cukup, tanpa distorsi dan gambar stabil. Untuk Gambar 3 memiliki kualitas warna cukup, kualitas kontras cukup, tanpa distorsi dan gambar stabil. Kemudian pada Gambar 4 memiliki kualitas warna baik, kualitas kontras tinggi, tanpa distorsi dan gambar stabil. Dan pada Gambar 5 memiliki kualitas warna yang baik, kualitas kontras tinggi, tanpa distorsi dan gambar stabil. Kemudian pada resolusi 1280x1024 menunjukkan peningkatan kualitas dengan semua gambar menunjukkan kualitas warna yang baik, kualitas kontras tinggi, tanpa distorsi dan gambar yang stabil. Begitu juga dengan resolusi 1600x1200 semua gambar

menunjukkan kualitas warna yang baik, kualitas kontras yang tinggi, tanpa distorsi gambar, dan stabilitas gambar yang stabil.

b. Pengujian Akurasi Pembacaan Meteran

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur sejauh mana sistem mampu membaca nilai sebenarnya pada meteran dengan minimalkan tingkat kesalahan, memastikan data yang akurat dan handal.

Tabel II Hasil Pengujian Akurasi Pembacaan Meteran

No	Nilai Sebenarnya	Nilai pembacaan	Error (%)
1		3.17	0%
2		5.43	0%
3		1.0	0.99%
4		1.0	3.85%
5		1.8	3.74%

Berdasarkan hasil pengumpulan data pengujian diperoleh bahwa sebagian besar nilai menunjukkan bahwa nilai pembacaan meteran sesuai dengan nilai sebenarnya. Dapat dilihat dari error(%) yang sebagian besar bernilai 0%, menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan antara nilai pembacaan dengan nilai sebenarnya. Error (%) dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Error (\%)} = (\text{Nilai Pembacaan} - \text{Nilai Sebenarnya}) / (\text{Nilai Sebenarnya}) \times 100\%$$

Namun, ada beberapa situasi di mana terdapat sedikit perbedaan antara nilai pembacaan dengan nilai sebenarnya, hal ini dapat dilihat pada pengujian ke 31, 33, dan 39 dengan error terbesar mencapai 3.85%. Dari hasil pengujian pada tabel 4.4 dapat diketahui bahwa rata-rata eror yang diperoleh sebagai berikut:

$$\text{Error} = (\text{Total eror}) / (\text{jumlah data}) \times 100\%$$

$$\text{Error} = (8.58\%) / 40 \times 100\%$$

$$\text{Error} \approx 0.215\%$$

c. Pengujian Pengenalan Karakter

Pada tahap ini pengujian pengenalan karakter dilakukan dengan menggunakan OCR dalam mengenali karakter dari gambar meteran air yang diambil oleh ESP32-CAM.

Tabel III Hasil Pengujian Pengenalan Karakter

No	Akurasi	Kecepatan Pengenalan	Tingkat Kesalahan	Kualitas Hasil Konversi
1	100%	4.56215 detik	0 karakter	Sangat Baik
2	100%	26.9106 detik	0 karakter	Sangat Baik
3.	75%	11.4428 detik	1 karakter	Baik
4.	75%	13.6031 detik	1 karakter	Baik
5.	75%	14.4428 detik	1 karakter	Baik

Berdasarkan hasil pengujian pengenalan karakter yang telah dilakukan, diperoleh bahwa tingkat akurasi pengenalan karakter yang tinggi mencapai akurasi 100%. Dengan waktu pengujian yang bervariasi tergantung pada kualitas warna dan jumlah karakter yang diuji, waktu pengujian tercepat mencapai 4.56215 detik, sementara waktu terlama mencapai 26.9106 detik. Dalam menghitung rata-rata akurasi pada pengenalan karakter digunakan rumus berikut:

$$\text{Akurasi} = (\text{Total akurasi})/(\text{Jumlah data}) \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = 3925/40 \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = 0.98125 \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} \approx 98.13\%$$

B. Pembahasan

Untuk mendeteksi kehilangan air, PDAM memasang beberapa meteran di pipa percabangan untuk memantau debit air yang lewat pada setiap pipa percabangan dan membandingkannya dengan jumlah produksi air untuk mengetahui jika terjadi kebocoran atau kehilangan air. Kebocoran atau kehilangan air tidak hanya menyia-nyiakan sumber daya yang berharga, tetapi juga merugikan PDAM dan masyarakat karena tingginya biaya perbaikan dan dampak lingkungan yang negatif. Untuk itu diperlukan teknologi yang dapat memantau penggunaan air secara real-time.

Dalam mengatasi tantangan tersebut, penulis merancang berupa rancangan sebuah prototipe sistem yaitu metode pengumpulan data menggunakan ESP32-CAM untuk mengambil gambar pada meteran pipa induk kemudian menyimpan hasil tangkapan gambarnya ke database dan menerapkannya kedalam sebuah sistem yang dapat mengonversi gambar menjadi teks menggunakan OCR. Selanjutnya data hasil konversi disimpan dalam database dan dapat diakses melalui sebuah website untuk pemantauan secara visual dan real-time.

Prototipe ini telah diuji untuk memastikan kinerjanya. Pengujian meliputi pengujian fungsional perangkat keras, pengukuran akurasi kualitas gambar, pengujian kualitas pengiriman data, pengujian akurasi pembacaan meteran, pengujian pengenalan karakter.

Pengujian fungsional perangkat keras bertujuan untuk memastikan bahwa ESP32-CAM dapat berfungsi dengan baik. Berdasarkan hasil pengujian, perangkat dapat melakukan koneksi dengan WiFi, mengirim data, mengambil gambar pada meteran.

Pengujian pengukuran akurasi kualitas gambar dilakukan untuk memastikan proses pengenalan karakter berbasis OCR dapat berjalan normal dengan akurasi yang optimal dalam berbagai kondisi. Berdasarkan hasil pengujian, perangkat dapat mengirim gambar berdasarkan resolusi gambar yang telah ditentukan dengan melihat kualitas warna, kualitas kontras, distorsi gambar, serta stabilitas gambar yang baik dalam pengenalan karakter.

Selain itu, pengujian kualitas pengiriman data bertujuan menentukan seberapa cepat atau lambat pengiriman data yang dilakukan melalui koneksi WiFi antara perangkat dan jaringan. Pengujian dilakukan sampai dengan jarak 5 meter hingga kualitas sinyal mulai menurun.

Pengujian akurasi pembacaan meteran mengukur sejauh mana sistem mampu membaca nilai sebenarnya pada meteran dengan minimalkan tingkat kesalahan. Berdasarkan hasil pengujian, sistem dapat membaca nilai meteran dengan nilai sebenarnya dengan rata-rata error sebesar 0.215%.

Terakhir, pengujian pengenalan karakter bertujuan untuk melatih sistem dalam mengenali karakter yang akan di baca. Berdasarkan hasil pengujian, sistem dapat mengenali karakter dengan baik yang ditunjukkan dengan jumlah karakter yang dibaca dan jumlah karakter yang benar bernilai sama dengan tingkat akurasi yang tinggi, dengan rata-rata akurasi 98%. Meskipun terdapat sedikit perbedaan pada beberapa kasus, namun secara keseluruhan sistem dapat membaca meteran dengan akurat dan handal.

IV. Kesimpulan dan Saran

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan:

1. Metode yang dirancang menggunakan modul ESP32-CAM untuk mengambil gambar meteran air secara berkala, kemudian datanya dikirim ke server dan diproses menggunakan OCR untuk mengidentifikasi dan mencatat nilai pada meteran air. Oleh karena itu, penggunaan IoT dalam proses ini memungkinkan pemantauan secara visual dan real-time terhadap penggunaan air pada saluran distribusi.
2. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, tingkat akurasi metode pengumpulan data debit air berbasis ESP32-CAM cukup tinggi, dengan rata-rata akurasi mencapai 98%. Meskipun terdapat sedikit perbedaan pada beberapa kasus, namun secara keseluruhan sistem mampu membaca meteran dengan akurat dan handal.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut terdapat beberapa hal yang disarankan, yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat fokus peningkatan akurasi dalam pengenalan karakter dengan melalui pengembangan algoritma pengenalan karakter yang lebih canggih dan efisien.
2. Mengkaji lebih lanjut tentang penanganan koneksi dan jaringan, terutama dalam situasi di mana sinyal WiFi mungkin tidak stabil atau terjadi gangguan jaringan, untuk memastikan kontinuitas pengiriman data tanpa gangguan. Salah satunya dengan menggunakan sistem telemetri yang dapat mengirim data dimana ESP32-CAM sudah bisa menerapkan OCR tanpa melalui webserver.

V. Daftar Pustaka

- [1] P. Lambey, “STRATEGI PERUSAHAAN DAERAH AIR MINUM KOTA MAKASSAR DALAM MENINGKATKAN KESEJAHTERAAN MASYARAKAT MELALUI PENANGANAN KETERSEDIAAN AIR BERSIH (Studi Pada Kelurahan Untia, Kecamatan Biringkanaya, Kota Makassar).” UNIVERSITAS BOSOWA, 2023.
- [2] R. J. R. H. Rumapea, “Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Bersih (IPA) Sungal Pada PDAM Tirtanadi DI Kecamatan Medan Sungal,” *J. Eng. Dev.*, vol. 1, no. 1, pp. 21–25, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/edev>
- [3] B. Rosalia, C. Andhini, and A. B. Primawan, “ID : 19 Analisis Kinerja Jaringan Sensor Aliran Air Pada Prototipe Pendekripsi Kebocoran Pipa Air Berbasis IoT Analysis of Water-Flow Sensor Network Performance on IoT-based Water Pipe Leakage Detection Prototype,” no. November 2022, pp. 85–97, 2023.
- [4] I. Darwis *et al.*, “Design and Development of Water Distribution Monitoring System in Regional Drinking Water Companies (PDAM) Based On Internet Of Things Design and Development of Water Distribution Monitoring System in Regional Drinking Water Companies (PDAM) Based On Internet Of Things”, doi: 10.1088/1742-6596/2111/1/012024.
- [5] Y. Yaddarabullah and D. Lestari, “Perancangan Sistem Komunikasi Data Alat Pencatatan Meter Air Digital Berbasis Service Oriented Architecture,” no. September, 2018, doi: 10.30743/infotekjar.v3i1.665.

-
- [6] S. El-Zahab and T. Zayed, "Leak detection in water distribution networks: an introductory overview," *Smart Water*, vol. 4, no. 1, pp. 1–23, 2019.
 - [7] O. M. Awe, S. T. A. Okolie, and O. S. I. Fayomi, "Results in Engineering Analysis and optimization of water distribution systems : A case study of Kurudu post service housing estate , Abuja , Nigeria," *Results Eng.*, vol. 5, no. October 2019, p. 100100, 2020, doi: 10.1016/j.rineng.2020.100100.
 - [8] M. I. Khotmuniza, J. Sahertian, and R. Helilintar, "Sistem Parkir Menggunakan OCR (Optical Character Recognition) Plat Nomer dan IoT (Internet Of Things)," vol. 5, no. 2, 2020.
 - [9] M. Kencanawati and M. Ramdhan, "Analisis Sistem Distribusi Air Bersih Berdasarkan Parameter Debit Dan Tekanan Air: Studi Kasus Perumahan Nusantara Lestari Km. 8 Balikpapan," *J. Ilm. Tek. Sipil TRANSUKMA*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2016.
 - [10] C. Widiasari, S. St, and L. A. Zulkarnain, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Air PDAM Berbasis IoT," vol. 7, no. 2, pp. 153–162, 2021.
 - [11] A. D. Prasetya *et al.*, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Pendekripsi Lokasi Kebocoran Pipa Berdasarkan Analisis Debit Air Berbasis IoT," vol. 12, no. 1, pp. 39–47, 2020.
 - [12] I. Sanjaya and I. Sugiarto, "Sistem Pemantauan Meteran Air Berbasis Optical Character Recognition," *J. Tek. Elektro*, vol. 15, no. 2, pp. 73–78, 2022.
 - [13] H. Fuentes and D. Mauricio, "Smart water consumption measurement system for houses using IoT and cloud computing," 2020.
 - [14] G. V Santiago and A. J. Alvares, "Deployment framework for the Internet of water meters using computer vision on ARM platform," vol. 12, pp. 35–60, 2020, doi: 10.3233/AIS-200544.
 - [15] E. Science, "Calculation of water flow discharge using the truncated triangular prisms method Calculation of water flow discharge using the truncated triangular prisms method," 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1206/1/012032.
 - [16] D. D. Pai, "AI Smart Gun using ESP32 Cam," pp. 205–216, 2023, doi: 10.48175/IJARSCT-9681.
 - [17] M. Y. Adami, "Optical Character Recognition Meteran Multifungsi Otomatis Menggunakan Xamarin Platfrom." Prodi Teknik Informatika, 2021.
 - [18] T. H. I. Tuyet, H. A. I. Nguyen, A. Jatowt, M. Coustaty, and A. Doucet, "Survey of Post-OCR Processing Approaches," vol. 54, no. 6, 2021, doi: 10.1145/3453476.
 - [19] R. Bachrun and S. Baskara, "Greywater Flow Characteristics for Closed Channel Maintenance," vol. 9, no. 01, pp. 29–40, 2023.