

PENGARUH IMPLEMENTASI ALGORITMA DECISION TREE TERHADAP AKURASI SISTEM PENAKARAN AIR MENGGUNAKAN SENSOR WATER FLOW YF-S401

Feri Yasin¹⁾, Aulia Desy Nur Utomo^{2)*}, Bitu Parga Zen³⁾

1) Teknik Informatika, Universitas Telkom, Indonesia

2) Teknik Informatika, Universitas Telkom, Indonesia

3) Teknik Informatika, Universitas Ma Chung, Indonesia

email : feriyasin@student.telkomuniversity.ac.id¹⁾, auliau@telkomuniversity.ac.id²⁾, bitu.parga@machung.ac.id²⁾

Abstrak

Penelitian ini membahas pengembangan sistem penakaran air berbasis mikrokontroler dengan membandingkan dua pendekatan: metode konvensional dan metode algoritma decision tree. Sistem diuji pada berbagai variasi volume dan dianalisis dari segi error dan akurasi. Hasil menunjukkan bahwa metode konvensional memiliki rata-rata error sebesar 20,5%, terutama tinggi pada volume kecil. Sebaliknya, metode decision tree hanya menghasilkan rata-rata error 2,0% dan mampu menjaga akurasi di atas 98% secara konsisten. Dengan demikian, algoritma decision tree terbukti lebih unggul dalam meningkatkan akurasi dan keandalan sistem penakaran air otomatis.

Kata Kunci :

sistem penakaran, mikrokontroler, konvensional, algoritma decision tree, akurasi

Abstract

This study discusses the development of a microcontroller-based water dispensing system by comparing two approaches: the conventional method and the decision tree algorithm. The system was tested on various volume variations and analyzed in terms of error and accuracy. The results show that the conventional method produced an average error of 20.5%, particularly high at smaller volumes. In contrast, the decision tree algorithm achieved an average error of only 2.0% and consistently maintained accuracy above 98%. Therefore, the decision tree algorithm proves to be superior in improving the accuracy and reliability of the automatic water dispensing system.

Keywords :

dispensing system, microcontroller, conventional, decision tree algorithm, accuracy

1. PENDAHULUAN

Sistem penakaran air otomatis kini menjadi solusi penting dalam berbagai bidang, seperti industri makanan dan minuman, pertanian presisi, serta sistem distribusi air berskala kecil. Teknologi ini memungkinkan proses pengukuran dan pengendalian volume air secara efisien tanpa intervensi manual[1]. Salah satu komponen utama dalam sistem ini adalah sensor aliran air (waterflow sensor), dan salah satu yang paling umum digunakan adalah sensor YF-S401. Sensor ini bekerja dengan menghitung jumlah pulsa yang dihasilkan oleh putaran baling-baling di dalamnya, yang kemudian dikonversi menjadi estimasi volume air. Meskipun sederhana dan terjangkau, sensor ini memiliki keterbatasan dalam hal akurasi, terutama jika digunakan dalam kondisi aliran air yang tidak stabil, tekanan air yang bervariasi, atau terdapat noise sinyal yang memengaruhi pembacaan[2].

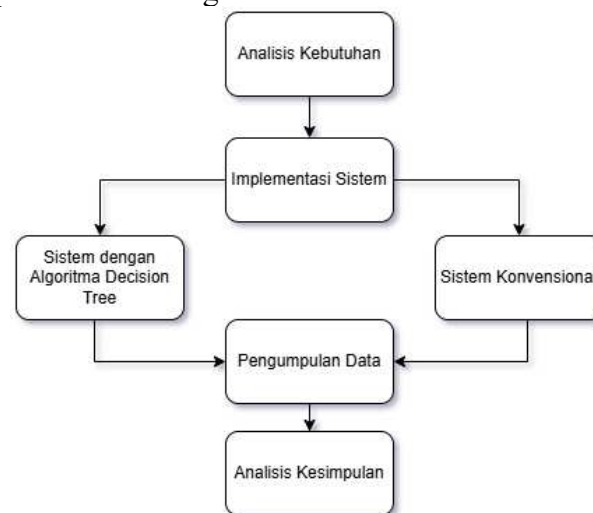
Dalam implementasi sistem konvensional, perhitungan volume air sering kali hanya mengandalkan nilai kalibrasi statis berdasarkan jumlah pulsa. Pendekatan ini tidak mampu beradaptasi terhadap kondisi operasional yang dinamis, sehingga menghasilkan deviasi antara volume air yang diukur dengan volume sebenarnya[3]. Seiring dengan berkembangnya

teknologi kecerdasan buatan, muncul peluang untuk mengintegrasikan algoritma pembelajaran mesin (machine learning) ke dalam sistem penakaran air[4]. Salah satu algoritma yang relevan untuk kasus klasifikasi dan prediksi adalah Decision Tree, yang mampu membuat keputusan berdasarkan sejumlah parameter input yang kompleks secara terstruktur dan logis[5].

Berangkat dari permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh implementasi algoritma Decision Tree terhadap akurasi sistem penakaran air yang menggunakan sensor YF-S401. Dengan membandingkan dua pendekatan—yaitu sistem penakaran tanpa algoritma (konvensional) dan sistem yang dilengkapi dengan Decision Tree—penelitian ini ingin mengevaluasi sejauh mana algoritma tersebut mampu meningkatkan ketepatan penakaran dalam kondisi aliran air yang berubah-ubah. Adapun parameter yang diamati mencakup deviasi volume, kestabilan pembacaan sensor, serta konsistensi hasil takaran dalam berbagai skenario pengujian. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem otomatis yang lebih adaptif dan presisi, serta membuka peluang penerapan algoritma dalam sistem kendali berbasis mikrokontroler untuk aplikasi nyata di lapangan[6].

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini yang merupakan penelitian berbasis analisis perbandingan antara 2 metode. Adapun tahapan pada penelitian ini di gambarkan dalam flowchart berikut :



2.1 Analisis Kebutuhan

Tahap awal dalam penelitian ini dimulai dengan analisis kebutuhan. Analisis ini mencakup identifikasi alat dan bahan yang diperlukan, serta perancangan skema rangkaian dan flowchart sistem yang akan dikembangkan. Adapun daftar alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah komputer mini dalam bentuk chip IC yang mengintegrasikan mikroprosesor, ROM, dan RAM di dalamnya. Beberapa jenis mikrokontroler di pasaran bahkan telah dilengkapi dengan fitur tambahan seperti ADC (Analog-to-Digital Converter), PLL (Phase-Locked Loop), dan EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) dalam satu paket. Mikrokontroler banyak digunakan di bidang kendali otomatis dan Internet of Things (IoT) karena sifatnya yang fleksibel, mudah diprogram, serta memiliki efisiensi biaya tinggi. Produsen mikrokontroler mencakup perusahaan seperti Intel, Microchip, Winbond, Atmel, Philips, dan Xemics. Namun, salah satu yang paling banyak digunakan dan populer di kalangan pengembang adalah mikrokontroler dari keluarga Atmega[7].

Pengaruh Implementasi Algoritma Decision Tree Terhadap Akurasi Sistem Penakaran Air Menggunakan Sensor Water Flow Yf-S401

b. *Water Flow Sensor YF-S401*

Water flow sensor atau sensor aliran air, merupakan sebuah perangkat yang difungsikan sebagai sensor untuk mengukur aliran air atau debit air.



Gambar 2. 1 Sensor Water flow YF-S401

Sensor aliran air YF-S401 yang digunakan merupakan jenis sensor mekanik. Di dalamnya terdapat rotor dan komponen hall-effect transducer. Saat air mengalir melalui sensor, rotor akan berputar dan transducer hall-effect akan mendeteksi putaran tersebut. Setiap putaran akan dikonversi menjadi pulsa digital, di mana jumlah pulsa yang dihasilkan berbanding lurus dengan volume atau laju aliran air yang melewati sensor tersebut[8].

c. *Keypad 4x4*

Keypad adalah modul input yang digunakan untuk memasukkan nilai atau perintah tertentu sesuai kebutuhan program atau penelitian. Modul ini terdiri dari 16 tombol, yang mencakup angka 1 hingga 9, huruf A, B, C, D, serta simbol * dan #. Meskipun terdapat 16 tombol, keypad hanya membutuhkan 8 pin koneksi paralel untuk terhubung ke sistem, karena tombol-tombol tersebut disusun dalam bentuk matriks baris dan kolom[9].

d. *LCD Display 20x4*

LCD (Liquid Crystal Display) adalah komponen yang berfungsi untuk menampilkan informasi sesuai dengan instruksi dari program, menggunakan susunan karakter. Cara kerjanya melibatkan pengiriman data melalui BUS dari mikrokontroler, yang kemudian diterjemahkan menjadi karakter visual pada layar LCD. Dalam penelitian ini digunakan jenis LCD 20x4, yang berarti layar tersebut memiliki kapasitas tampilan hingga 20 karakter dalam satu baris dan terdiri dari 4 baris, sehingga memungkinkan penyajian informasi yang lebih banyak dan jelas[10].

e. *Water pump R385 mini DC*

Pompa air R385 adalah jenis pompa diafragma yang bekerja di luar sumber air (non-submersible), sehingga harus ditempatkan di area yang kering. Pompa ini menggunakan tegangan 12V DC sebagai sumber dayanya dan mampu menangani suhu cairan hingga 80°C. Jika dipasang secara vertikal dan didukung oleh catu daya yang sesuai, pompa ini dapat menyedot air dari kedalaman sekitar 2 hingga 3 meter[11].

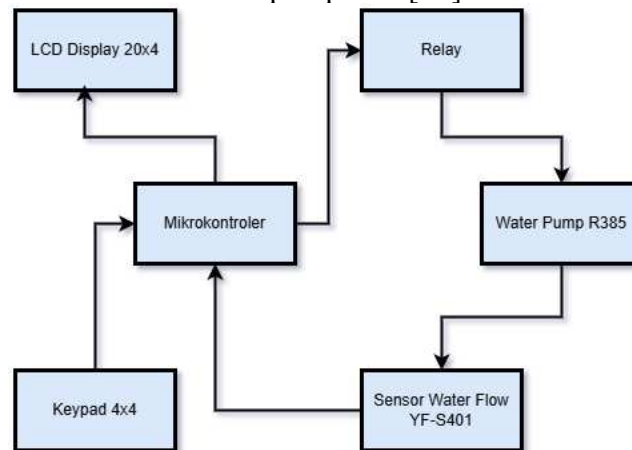
f. *Relay*

Relay merupakan suatu komponen elektromagnetik yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik menuju perangkat lain. Prinsip kerjanya didasarkan pada efek elektromagnetik, di mana saat dialiri arus listrik, bagian internal relay akan bergerak untuk menyambungkan (ON) atau memutuskan (OFF) rangkaian. Meskipun secara fungsi mirip dengan saklar, perbedaan utamanya terletak pada metode pengoperasian: saklar dioperasikan secara manual, sedangkan relay dikendalikan secara otomatis oleh sinyal atau program tertentu. Oleh karena itu, relay memungkinkan sistem mengontrol perangkat listrik tanpa perlu intervensi langsung dari pengguna[12].

Sedangkan untuk desain atau skema yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Diagram blok

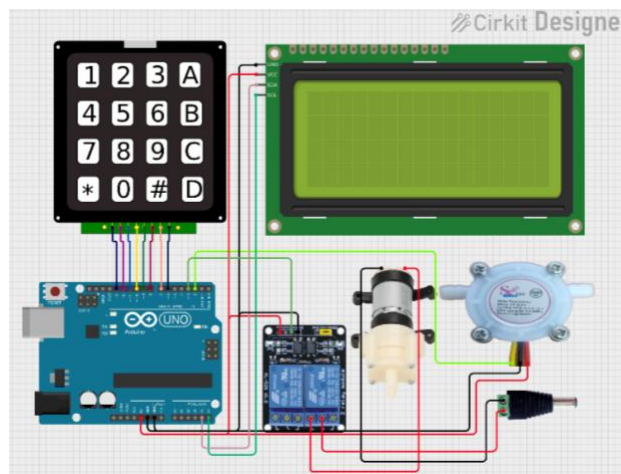
Diagram blok disini merupakan sebuah gambaran visual dari sebuah sistem dengan menggunakan blok blok yang saling terhubung sehingga membentuk sebuah struktur dan komponen dari sebuah sistem ataupun proses[13].



Gambar 2. 2 Diagram Blok Rangkaian Hardware

b. Skema Rangkaian

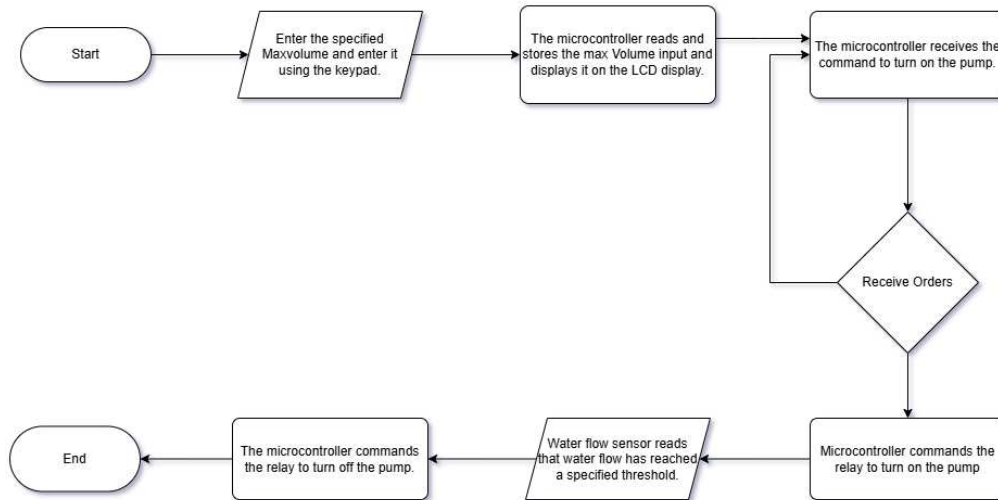
Skema dibuat guna untuk memvisualisasikan sebuah rancangan atau menggambarkan hubungan antar komponen-komponen yang ada sehingga membentuk sebuah sistem yang utuh[14].



Gambar 2. 3 Skema Rangkaian Hardware

c. Flowchart Sistem

Pada desain perancangan alur kerja sendiri dibuat sebuah sekema alur kerja atau biasa disebut dengan flowchart. *Flowchart* adalah metode untuk menyusun langkah-langkah penyelesaian masalah yang bisa dijelaskan melalui tulisan atau simbol-simbol khusus. *Flowchart* merupakan representasi visual dari urutan langkah atau logika dalam suatu proses[15].



Gambar 2. 4 Flowchart Sistem

2.2 Implementasi Sistem

Sistem penakaran air pada penelitian ini dibangun dalam dua pendekatan, yaitu sistem konvensional dan sistem berbasis algoritma Decision Tree. Tujuan dari implementasi ganda ini adalah untuk membandingkan akurasi antara metode perhitungan sederhana dengan metode cerdas berbasis algoritma Decision Tree.

a. Metode Pendekatan Konvensional

Pada sistem konvensional, perhitungan yang digunakan adalah menghitung jumlah pulse ketika ada aliran air atau ketika rotor berputar dan transducer hall-effect mendeteksinya[16]. Kecepatan pada aliran air menggunakan sensor waterflow pada umumnya dapat dihitung menggunakan rumus :

$$Q = \frac{\text{Jumlah pulsa/menit}}{7,5}$$

Dimana untuk nilai konstanta 7,5 didapat dari konstanta frekuensi pada datasheet sensor water flow[16]. Sedangkan untuk menghitung serta mendapatkan jumlah volume air dalam satuan meter kubik digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Volume} = \frac{\frac{Q}{10}}{1000}$$

Keterangan :

Volume = Jumlah air yang terukur dalam satuan m³

Q = Debit atau arus air (m³/s)

10 = Detik (s)

1000 = Pembagi nilai liter ke m³

b. Metode Pendekatan dengan Decision Tree

Decision Tree adalah algoritma machine learning berbasis pohon yang digunakan untuk klasifikasi dan regresi[17][18]. Nama "Decision Tree" berasal dari cara algoritma ini menyusun proses pengambilan keputusan dalam bentuk struktur pohon, yang terdiri atas root node, internal node, leaf node serta branch[19].

Algoritma Decision Tree bekerja dengan cara memilih atribut terbaik dari dataset untuk membagi data ke dalam kelompok-kelompok yang lebih homogen[17][18]. Pemilihan atribut terbaik ini biasanya didasarkan pada metrik seperti information gain, entropy, atau Gini index[20].

a. Entropy

Digunakan untuk mengukur ketidakpastian atau impurity dari data[18].

$$Entropy(S) = - \sum_{i=1}^n P_i \cdot \log_2(P_i)$$

S = satu set data

P_i = proporsi elemen dari kelas ke i dalam data tersebut

Entropy maksimal terjadi saat distribusi kelas seimbang.

b. Information Gain

Mengukur penurunan entropy setelah data dibagi berdasarkan suatu atribut[17][18].

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{v \in values(A)} \frac{|S_v|}{|S|} \cdot Entropy(S_v)$$

A = atribut.

S_v = subset dari data dengan nilai atribut $A = v$

c. Gini Index (alternatif dari entropy)

Gini Index lebih sederhana dan sering digunakan dalam algoritma seperti CART (Classification and Regression Tree)[19][20].

$$Gini(S) = 1 - \sum_{i=1}^n p_i^2$$

Setelah atribut terbaik dipilih, algoritma kemudian membuat cabang baru untuk setiap nilai unik dari atribut tersebut. Proses ini dilakukan secara rekursif untuk setiap subset data yang terbentuk dari hasil pembagian sebelumnya[21]. Proses rekursif ini terus berlanjut hingga semua data dalam subset berada dalam kelas yang sama, atau tidak ada lagi atribut yang bisa digunakan untuk pembagian lebih lanjut. Selain itu, proses juga dapat dihentikan jika kondisi tertentu terpenuhi, seperti kedalaman pohon (tree depth) yang telah mencapai batas maksimum, atau diterapkannya teknik pruning untuk mencegah overfitting[22].

2.3 Pengumpulan Data

Data diambil dari dua jenis implementasi program, yaitu sistem penakaran air konvensional dan sistem penakaran air yang menggunakan algoritma Decision Tree. Pengambilan data dilakukan dengan menjalankan kedua sistem secara terpisah dalam kondisi lingkungan yang sama, guna memastikan keakuratan perbandingan. Variansi volume yang digunakan dalam pengujian mencakup beberapa nilai input, seperti 30 mL, 60 mL, 100 mL, 150 mL, 200 mL. Untuk setiap variansi volume, dilakukan beberapa kali pengujian berulang guna memperoleh data yang lebih akurat dan konsisten. Hasil dari penakaran yang sebenarnya (volume yang keluar) dibandingkan dengan volume target (input), kemudian dicatat sebagai data aktual. Data ini akan digunakan untuk mengukur tingkat akurasi dari masing-masing metode.

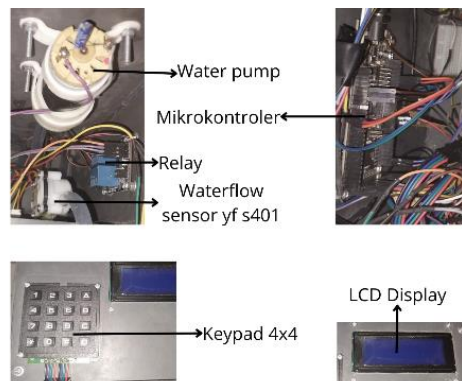
2.4 Analisis Kesimpulan

Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil penakaran air antara sistem konvensional dan sistem yang menggunakan algoritma Decision Tree. Parameter utama yang dianalisis adalah selisih antara volume target (yang dimasukkan melalui keypad) dan volume aktual (hasil penakaran yang keluar), yang selanjutnya dihitung tingkat akurasi dalam bentuk persentase error. Semakin kecil nilai error, semakin tinggi tingkat akurasi sistem tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Implementasi Sistem

Dalam pengembangan sistem penakaran, pembuatan rancangan sistem hardware terdiri dari mikrokontroler, sensor dan alat pendukung lainnya yang telah disesuaikan dengan kebutuhan sistem penakaran. Adapun implementasi rangkaian hardware tersebut terpampang pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Rangkaian Implementasi Sistem

Komponen-komponen yang digunakan dalam sistem dirangkai menggunakan kabel jumper dan disolder agar lebih kuat dan rapi. Setelah rangkaian sistem selesai diimplementasikan, langkah selanjutnya adalah mengunggah (meng-compile) kedua program sistem penakaran, baik yang menggunakan metode konvensional maupun metode algoritma decision tree, secara berurutan untuk kemudian dilakukan pengambilan data.

3.2 Pengujian Sistem

Pengujian sistem yang dimaksudkan adalah menguji setiap program yang menggunakan metode konvensional maupun metode algoritma decision tree untuk mengetahui keandalan atau kelebihan dari setiap metode yang ada. Pada Pengujian untuk kedua metode pendekatan dilakukan beberapakali percobaan dengan variasi volume yang telah di tentukan sebelumnya, yang dimana untuk masing-masing variasi di ambil data sebanyak 10 kali pengujian. Adapun sample pengujian untuk duametode pendekatan tersebut tersaji dalam table 3.1 berikut:

Tabel 3. 1 Tabel Data Pengujian

| No | MaxVolume | Metode Konvensional | | | Metode Algoritma Decision Tree | | |
|----|-----------|---------------------|------------------|-----------|--------------------------------|------------------|-----------|
| | | Water flow (ml) | Alat Manual (ml) | Error (%) | Water flow (ml) | Alat Manual (ml) | Error (%) |
| 1 | 30 | 47 | 30 | 56,7 % | 28 | 30 | 6,7 % |
| 2 | 30 | 40 | 30 | 33,3 % | 31 | 30 | 3,3 % |
| 3 | 60 | 78 | 60 | 30,0 % | 61 | 60 | 1,7 % |
| 4 | 60 | 77 | 62 | 28,3 % | 61 | 62 | 1,6 % |
| 5 | 100 | 115 | 100 | 15,0 % | 97 | 100 | 3,0 % |
| 6 | 100 | 117 | 100 | 17,0 % | 99 | 100 | 1,0 % |

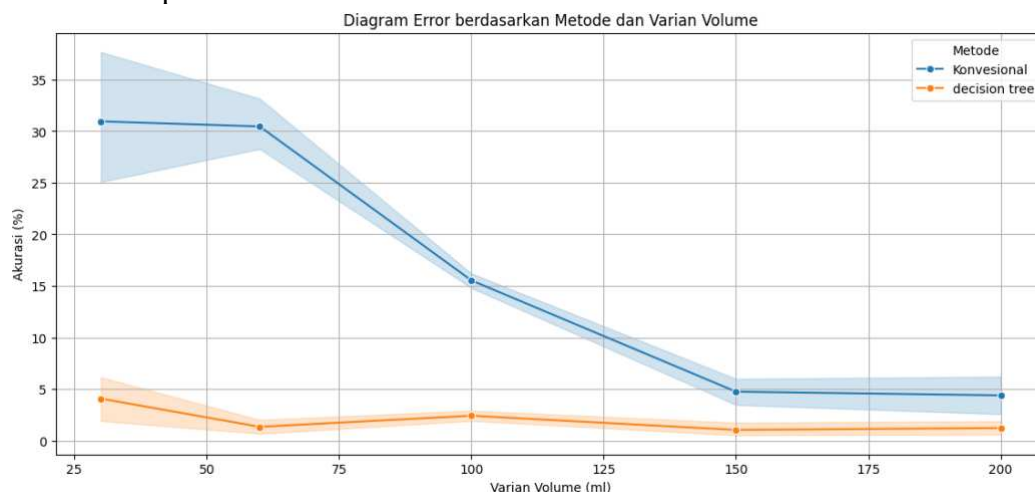
| | | | | | | | |
|----------------------------|-----|-----|--------|-------|------|-----|-------|
| 7 | 150 | 160 | 155 | 3,2 % | 154 | 152 | 1,3 % |
| 8 | 150 | 160 | 150 | 6,7 % | 154 | 155 | 0,6 % |
| 9 | 200 | 218 | 200 | 9,0 % | 208 | 208 | 0,0 % |
| 10 | 200 | 212 | 200 | 6,0 % | 208 | 209 | 0,5 % |
| Rata-rata Error (%) | | | 20,5 % | | 2,0% | | |

Berdasarkan data pengujian metode konvensional, tingkat error sensor water flow cenderung tinggi pada variasi volume kecil, seperti pada 30 mL dengan error hingga 56,7%, dan berangsur menurun seiring meningkatnya variasi volume, menjadi sekitar 6-9% pada variasi volume 200 mL. Rata-rata error keseluruhan sebesar 20,5% menunjukkan bahwa metode konvensional kurang akurat terutama untuk pengukuran variasi volume kecil.

Sementara itu, pada pengujian menggunakan metode algoritma decision tree, rata-rata error yang dihasilkan oleh sensor water flow YF-S401 tercatat jauh lebih rendah, yakni sebesar 2,0%. Pada sampel variasi volume terendah 30 mL, sensor mencatat rata-rata eror sebesar 5,0%, sedangkan pada variasi volume tertinggi 200 mL, tingkat error yang tercatat jauh lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa metode decision tree mampu meningkatkan akurasi sensor, terutama pada pengukuran volume yang lebih besar.

3.3 Analisis Pengujian

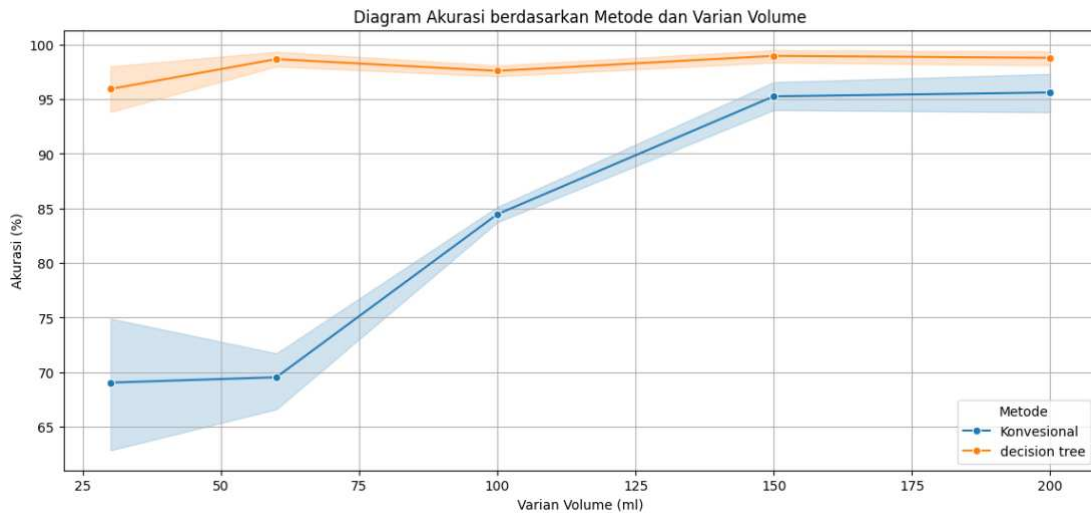
Berdasarkan hasil pengujian terhadap sistem penakaran air menggunakan dua metode, yaitu metode konvensional dan metode algoritma decision tree, ditemukan perbedaan signifikan pada tingkat error masing-masing. Metode konvensional menunjukkan tingkat kesalahan yang cukup tinggi, terutama pada volume kecil seperti 30 mL yang mencapai error hingga 56,7%. Seiring dengan bertambahnya volume, tingkat kesalahan cenderung menurun, namun tetap berada pada kisaran yang cukup besar. Rata-rata error keseluruhan dari metode konvensional tercatat sebesar 20,5%, menunjukkan bahwa metode ini kurang efektif untuk aplikasi penakaran volume yang memerlukan presisi.



Gambar 3. 2 Diagram Error Berdasarkan Metode dan Varian Volume

Sementara itu, metode algoritma decision tree menunjukkan performa yang jauh lebih baik. Dengan rata-rata error hanya sebesar 2,0%, metode ini memberikan hasil yang jauh lebih presisi di berbagai variasi volume pengujian. Pada volume kecil seperti 30 mL, tingkat kesalahan tertinggi hanya berada pada kisaran 6,7%, dan semakin kecil pada volume yang lebih besar seperti 200 mL. Data ini menunjukkan bahwa penggunaan algoritma decision tree dapat

meningkatkan akurasi sistem penakaran secara signifikan dibandingkan pendekatan konvensional.



Gambar 3. 3 Diagram Akurasi Berdasarkan Metode dan Varian Volume

Gambar diagram akurasi yang ditampilkan memperkuat temuan bahwa metode decision tree unggul dalam mempertahankan akurasi yang tinggi di seluruh rentang volume pengujian. Terlihat bahwa akurasi metode konvensional cenderung fluktuatif dan menurun drastis pada volume kecil, sedangkan metode decision tree mampu menjaga akurasi tetap tinggi dan stabil di setiap variasi volume. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang mengimplementasikan decision tree mampu menyesuaikan parameter secara otomatis berdasarkan pola data yang ada, sehingga memberikan hasil yang lebih konsisten dan akurat.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisis, dapat disimpulkan bahwa metode decision tree jauh lebih efektif dibandingkan metode konvensional dalam meningkatkan akurasi sistem penakaran air berbasis mikrokontroler. Metode konvensional menunjukkan rata-rata error tinggi sebesar 20,5% dan fluktuasi besar terutama pada volume kecil. Sementara itu, metode decision tree hanya menghasilkan rata-rata error sebesar 2,0% dan mampu menjaga akurasi secara konsisten pada berbagai variasi volume. Dengan demikian, integrasi algoritma decision tree terbukti dapat meningkatkan kinerja dan keandalan sistem penakaran.

5. REFERENSI

- [1] Sachin Nathbuva, "Automated Sprinkle Irrigation Advantages and Disadvantages," *Int. J. Adv. Res. Sci. Commun. Technol.*, pp. 347–352, 2023, doi: 10.48175/ijarsct-13658.
- [2] D. Alfarizky Ilham, A. H. Al-Azhari, and D. Djuniadi, "Rancang Bangun Sistem Transfer Liquid Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor YF-S401," *Electr. J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 18, no. 2, pp. 193–191, 2024, doi: 10.23960/elc.v18n2.2602.
- [3] A. Kravchuk, O. Kravchuk, and S. Miriaiev, "Comparative evaluation of the results of water consumption calculation in residential build-ings, made according to different regulatory documents," *Probl. Water supply, Sewerage Hydraul.*, no. 38, pp. 38–42, 2022, doi: 10.32347/2524-0021.2022.38.38-42.
- [4] Q. Wang, "The Analysis of Instrument Automatic Monitoring and Control Systems Under Artificial Intelligence," *Int. J. Inf. Technol. Syst. Approach*, vol. 17, no. 1, pp. 1–13, 2024, doi: 10.4018/IJITSA.336844.
- [5] J. Yan and X. Chi, "Analysis and Prediction of College Students' Employment based on Pengaruh Implementasi Algoritma Decision Tree Terhadap Akurasi Sistem Penakaran Air Menggunakan Sensor Water Flow Yf-S401

- Decision Tree Classification Algorithm,” in *2023 International Conference on Distributed Computing and Electrical Circuits and Electronics (ICDCECE)*, 2023, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICDCECE57866.2023.10150841.
- [6] A. A. M. P. M. Paksoy, “Of azerbaijan high technical educational institutions azərbaycan ali texniki məktəblərinin xəbərləri,” vol. 27, no. 04, 2023, doi: 10.36962/PAHTEI.
- [7] A. Kamolan and L. Sampebatu, “Rancang Bangun Prototipe Pengaman Ruang dengan Input Kode PIN dan Multi Sensor Berbasis Mikrokontroler,” *J. Ampere*, vol. 6, no. 1, p. 22, 2021, doi: 10.31851/ampere.v6i1.5980.
- [8] N. Naibaho and A. Supriyono, “Rancang Bangun Sistem Pengisian Air Menggunakan Sensor Yf-S401 Berbasis HMI,” *J. Ilm. Elektrokrisna*, vol. 8, pp. 89–96, 2020.
- [9] D. N. Ilham, R. A. Candra, A. Budiansyah, E. Sipahutar, M. K. Harahap, and F. Anugreni, “Implementation of Vibration Sensor and Pin Lock using Keypad for Charity Box Security,” *Int. J. Multidiscip. Sci. Arts*, vol. 1, no. 2, pp. 125–133, 2023, doi: 10.47709/ijmdsa.v1i2.2050.
- [10] P. Rahardjo, “Sistem Penyiraman Otomatis Menggunakan Rtc (Real Time Clock) Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pada Tanaman Mangga Harum Manis Buleleng Bali,” *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 1, p. 143, 2021, doi: 10.24843/spektrum.2021.v08.i01.p16.
- [11] B. Srinivas and G. S. Rao, “Design and Development Of Automatic Sanitization and Temperature Measuring System,” vol. 09, no. June, pp. 5–13, 2019, doi: 10.48047/IJEMR/V11/ISSUE.
- [12] T. Medium, “Mengenal Relay, Pengertian, Jenis, dan Fungsinya dalam Industri Otomasi,” [medium.com](https://medium.com/@technologies_now/mengenal-relay-pengertian-jenis-dan-fungsinya-dalam-industri-otomasi-f0dea3565da5). [Online]. Available: https://medium.com/@technologies_now/mengenal-relay-pengertian-jenis-dan-fungsinya-dalam-industri-otomasi-f0dea3565da5
- [13] D. Susilo, C. Sari, and G. W. Krisna, “Sistem Kendali Lampu Pada Smart Home Berbasis IOT (Internet of Things),” *ELECTRA Electr. Eng. Artic.*, vol. 2, no. 1, p. 23, 2021, doi: 10.25273/electra.v2i1.10504.
- [14] I. D. F.- IxDF, “‘What are Design Systems?’ Interaction Design Foundation,” IxDF. Accessed: May 15, 2025. [Online]. Available: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/design-systems>
- [15] N. A. Pratama and C. Hermawan, “Aplikasi Pembelajaran Tes Potensi Akademik Berbasis Android,” *Jnteti*, vol. 6, no. 1, pp. 1–6, 2016, [Online]. Available: <http://jurnal.unda.ac.id/index.php/Jpdf/article/view/11/13>
- [16] A. B. Ramadhan, S. Sumaryo, and R. A. Priramadhi, “DESAIN DAN IMPLEMENTASI PENGUKURAN DEBIT AIR MENGGUNAKAN SENSOR WATER FLOW BERBASIS IoT,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 1–8, 2019.
- [17] J. R. Quinlan, “Induction of decision trees,” *Mach. Learn.*, vol. 1, no. 1, pp. 81–106, 1986, doi: 10.1007/bf00116251.
- [18] R. Hierons, *Machine learning. Tom M. Mitchell. Published by McGraw-Hill, Maidenhead, U.K., International Student Edition, 1997. ISBN: 0-07-115467-1, 414 pages. Price: U.K. £22.99, soft cover.*, vol. 9, no. 3. 1999. doi: 10.1002/(sici)1099-1689(199909)9:3<191::aid-stvr184>3.0.co;2-e.
- [19] M. S. Ummah, *CLASSIFICATION AND REGRESSION TREES*, vol. 11, no. 1. 2019. [Online]. Available: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBE_TUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI

- [20] J. C. Nacher and T. Akutsu, "Analysis on critical nodes in controlling complex networks using dominating sets," *Proc. - 2013 Int. Conf. Signal-Image Technol. Internet-Based Syst. SITIS 2013*, pp. 649–654, 2013, doi: 10.1109/SITIS.2013.106.
- [21] B. de Ville, *Introduction to Data Mining*. 2001. doi: 10.1016/b978-155558242-5/50003-6.
- [22] M. S. Ummah, *Introduction to machine learning (4th ed.)*. MIT press, vol. 11, no. 1. 2019. [Online]. Available: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SYSTEM_PEMBE_TUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI