**Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Logika Fuzzy Berbasis Intensitas Cahaya dan Kelembapan Tanah**

1. **Pendahuluan**

Perubahan iklim dan ketidakpastian kondisi lingkungan menuntut sektor pertanian untuk mengadopsi teknologi yang adaptif dan efisien. Salah satu aspek krusial dalam pertanian adalah proses penyiraman tanaman yang seringkali masih dilakukan secara manual dan tidak efisien. Penggunaan sistem otomatis berbasis kecerdasan buatan, khususnya logika fuzzy, menjadi solusi yang menarik karena dapat menangani input yang bersifat linguistik dan tidak pasti, seperti "kelembapan tanah kering" atau "cahaya matahari tinggi".

Logika fuzzy memungkinkan mesin untuk mengambil keputusan secara manusiawi berdasarkan sejumlah aturan linguistik. Dalam konteks ini, makalah ini menyajikan studi literatur dan eksperimen sederhana mengenai penerapan logika fuzzy untuk sistem penyiraman tanaman otomatis, dengan mempertimbangkan dua parameter lingkungan: intensitas cahaya dan kelembapan tanah.

1. **Kajian Literatur**

Logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965 sebagai pendekatan matematis untuk menangani ketidakpastian dan ambiguitas dalam data linguistik. Sistem fuzzy berbeda dari logika biner konvensional karena mengizinkan nilai kebenaran yang kontinu antara 0 dan 1. Dalam dunia kontrol, logika fuzzy digunakan secara luas karena kemampuannya dalam memodelkan sistem non-linear tanpa memerlukan model matematis yang kompleks.

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian mengenai penerapan logika fuzzy untuk sistem penyiraman tanaman semakin berkembang. Truneh et al. (2023) dan Nandhini & AmudhaPrabha (2023) menunjukkan bahwa penggunaan kontrol fuzzy dalam sistem penyiraman dapat menghemat air dan meningkatkan efisiensi pertanian. Ghosh et al. (2024) mengintegrasikan logika fuzzy dengan teknologi IoT dan cloud untuk pengambilan keputusan penyiraman secara real-time, menunjukkan fleksibilitas sistem fuzzy terhadap skenario kompleks. Selain itu, Kumar & Sharma (2024) berhasil menyimulasikan sistem fuzzy yang mampu menyesuaikan durasi penyiraman berdasarkan kelembapan dan cahaya secara akurat. Singh et al. (2024) menekankan pentingnya logika fuzzy dalam sistem irigasi presisi untuk konservasi air.

1. **Metodologi Eksperimen**

**3.1 Desain Sistem** Sistem fuzzy dalam eksperimen ini menerima dua input: intensitas cahaya (lux) dan kelembapan tanah (%). Output sistem adalah lama penyiraman (menit). Sistem ini dirancang menggunakan empat aturan fuzzy yang sederhana dan fungsi keanggotaan berbentuk linear.

3.2 Fungsi Keanggotaan Fungsi keanggotaan digunakan untuk mengubah input numerik menjadi nilai fuzzy (derajat keanggotaan). Berikut adalah contoh fungsi linear:

* Cahaya rendah: linear turun antara 0 dan 5000 lux
* Cahaya tinggi: linear naik antara 3000 dan 10000 lux
* Tanah kering: linear turun antara 0 dan 50%
* Tanah basah: linear naik antara 30% dan 100%

Output berupa lama penyiraman dibagi menjadi tiga kategori fuzzy:

* Pendek: 0–10 menit
* Sedang: 5–20 menit
* Panjang: 15–30 menit

3.3 Aturan Fuzzy Sistem fuzzy menggunakan 4 aturan IF-THEN sebagai berikut:

1. Jika cahaya tinggi DAN tanah kering, maka lama penyiraman panjang
2. Jika cahaya tinggi DAN tanah basah, maka lama penyiraman pendek
3. Jika cahaya rendah DAN tanah kering, maka lama penyiraman sedang
4. Jika cahaya rendah DAN tanah basah, maka lama penyiraman pendek

**3.4 Defuzzifikasi** Untuk mengubah hasil fuzzy menjadi nilai crisp, digunakan metode centroid, yaitu menghitung rata-rata tertimbang dari semua keluaran aturan.

1. **Hasil dan Analisis**

Dengan input:

* Intensitas cahaya = 6200 lux
* Kelembapan tanah = 40%

Derajat keanggotaan fuzzy dihitung sebagai berikut:

* Cahaya rendah: 0.375
* Cahaya tinggi: 0.4571
* Tanah kering: 0.2
* Tanah basah: 0.1428

Hasil dari aturan fuzzy adalah:

* Rule 1 (α1): min(0.4571, 0.2) = 0.2 → output = 27.0 menit
* Rule 2 (α2): min(0.4571, 0.1428) = 0.1428 → output = 1.43 menit
* Rule 3 (α3): min(0.375, 0.2) = 0.2 → output = 18.0 menit
* Rule 4 (α4): min(0.375, 0.1428) = 0.1428 → output = 1.43 menit

Dengan metode centroid: Lama penyiraman = (0.2*27 + 0.1428*1.43 + 0.2*18 + 0.1428*1.43) / (0.2+0.1428+0.2+0.1428) ≈ 18.16 menit

Grafik fungsi keanggotaan input dan output menunjukkan bagaimana perubahan input menghasilkan variasi dalam keputusan penyiraman.

1. **Kesimpulan**

Eksperimen ini membuktikan bahwa logika fuzzy dapat digunakan untuk merancang sistem penyiraman otomatis yang adaptif terhadap kondisi lingkungan. Dengan hanya dua input sederhana, sistem sudah mampu menghasilkan keputusan yang mendekati logika manusia. Sistem ini dapat diperluas dengan menambahkan parameter lain seperti suhu atau jenis tanaman untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi penyiraman. Selain itu, integrasi dengan Internet of Things (IoT) dan cloud computing dapat mendorong pengembangan sistem penyiraman yang lebih cerdas, fleksibel, dan efisien secara energi dan sumber daya.

1. **Daftar Pustaka**

Neugebauer, M., Akdeniz, C., Demir, V., & Yurdem, H. (2023). Fuzzy logic control for watering system. *Scientific Reports*, *13*(1), 18485.

Neugebauer, M., Akdeniz, C., Demir, V., & Yurdem, H. (2023). Fuzzy logic control for watering system. *Scientific Reports*, *13*(1), 18485.

Kumar, A., & Sharma, P. (2024). Design and simulation of an intelligent irrigation system using fuzzy logic. *Journal of Agricultural Informatics, 15*(1), 45–60.

Singh, R., et al. (2024). Fuzzy-IoT smart irrigation system for precision scheduling and water conservation. *Computers and Electronics in Agriculture, 205*, 107795.