

SISTEM PEMBUAT KEPUTUSAN TINGKAT LANJUT DALAM PENGAIRAN BERDASARKAN PREDIKSI CUACA DAN KONDISI YANG ADA

ADVANCE DECISION MAKING SYSTEM IN WATERING BASED ON COMBINATION OF WEATHER PREDICTION AND EXISTING CONDITION

Damar Arba Pramuditya¹, Agung Nugroho Jati, ST., MT², Fairuz Azmi, ST., MT.³

^{1,2,3}Prodi S1 Sistem Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹pramudityad@student.telkomuniversity.ac.id, ²agungnj@telkomuniversity.ac.id, ³worldliner@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Indonesia sebagai negara agraris terbesar dunia tentu memiliki potensi besar dalam bidang pertanian. Semakin bertambahnya populasi penduduk di Indonesia tentu kita perlu memproduksi lebih banyak bahan pangan dari sebelumnya. Pertanian di Indonesia sudah berjalan sebagai mana mestinya, namun dengan semakin lajunya pertumbuhan penduduk perlu ada 'angin segar' bagi kemajuan di bidang pertanian khususnya di Indonesia. Hal ini tentunya tidak lepas dari peran teknologi sebagai alat yang dapat memajukan kesejahteraan Indonesia melalui sektor pertanian. Oleh karena itu akan dibuat sistem yang dapat melakukan penyiraman pada pertanian dengan memanfaatkan kecerdasan buatan.

Pada penelitian sebelumnya telah dibuat sistem penyiraman otomatis dengan menggunakan algoritma fuzzy dan prakiraan cuaca dengan menggunakan Weather Service Provider (WSP), namun sistem tersebut masih terbilang sederhana karena masih menggunakan waktu sebagai pemicu kapan tanaman akan disiram. Pada penelitian kali ini dibuat sistem penyiraman dengan memanfaatkan prakiraan cuaca dan juga berdasarkan parameter keadaan sekitar. Sistem dapat memprediksi kapan waktu tanaman akan dibutuhkan penyiraman dengan melihat data lampau dari kelembapan tanah serta prediksi cuaca dan juga keadaan sekitar tanaman.

Dengan menggunakan konsep 'Decision Making Algorithm' atau algoritma pembuat keputusan. Sistem dapat memprediksi kapan tanah yang digunakan sebagai media tanam akan mengalami kering sehingga perlu dilakukan penyiraman dengan melakukan pertimbangan dari parameter yang telah ditetapkan. Sistem yang telah dibuat dapat bekerja di lahan terbuka dengan ketepatan akurasi mencapai 97,36 %

Kata kunci: Penyiraman otomatis, Kecerdasan Buatan, Prediksi, Tren data, System

Abstract

Indonesia as the world's largest agricultural country certainly has great potential in agriculture. The growing number of population in Indonesia we need to produce more food than before. Agriculture in Indonesia has been running as it should, but with the increasing rate of population growth there needs to be a 'fresh breeze' for advancement in agriculture, especially in Indonesia. This is certainly not separated from the role of technology as a tool that can promote the welfare of Indonesia through the agricultural sector. Therefore, a system that can do watering on agriculture by using artificial intelligence.

In previous research, an automatic watering system has been developed by using fuzzy algorithm and weather forecast by using Weather Service Provider (WSP), but the system is still fairly straightforward because it still uses time as a trigger when the plants will be watered. In this research made of watering system for plant using weather forecast and circumstances around the plant as parameters input. System can predict when plant will need water based on past condition of soil, forecast weather and circumstances around the plant.

In this is research made of agricultural system with the concept of automation, the system created have a 'Decision Making Algorithm'. The system can predict when the soil used as a planting medium will experience dry so it needs to be done watering by doing consideration of the parameters that have been set. In addition the system that has been created can work on outdoor and the accuracy reaches 97,36 %

Keywords: Automatic watering, Artificial Intelligence, Prediction, Trend data, System

1. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia. Dengan luas daratan sekitar 190 juta hektar (ha) dengan komposisi sekitar 55 juta hektar (ha) adalah daerah agrikultur dan 129 juta hektar (ha) hutan [1]. Hal tersebut yang menjadikan Indonesia sebagai negara pengimpor bahan pangan terbesar di dunia seperti gandum, hortikultura dan hasil pertanian lainnya. Dengan dikaruniai iklim yang baik untuk pertanian, tanah yang subur, melimpahnya sumber air dan ketersediaan lahan yang subur serta tidak kurangnya sumber daya manusia. Hambatan utama bagi pertanian di Indonesia adalah adanya tradisi panjang tentang pertanian, kekurangan investasi dan kekurangan pengetahuan [2]. Menurut proyeksi PBB pada tahun 2050 dua pertiga populasi Indonesia akan tinggal di wilayah perkotaan. Proses ini menunjukkan perkembangan positif bagi ekonomi Indonesia karena urbanisasi dan industrialisasi akan membuat tumbuhnya ekonomi lebih maju dan menjadikan Indonesia negeri dengan tingkat pendapatan menengah ke atas, namun hal ini merupakan

kabar yang kurang baik bagi sektor pangan dan konsumsi negara karena kita akan memproduksi lebih banyak bahan pangan untuk dimakan.

Automasi adalah anugerah bagi umat manusia dalam bidang pekerjaan. Dalam dua dekade terakhir industri automasi berkembang sangat cepat [3]. Namun automasi dalam bidang pertanian belum banyak dimanfaatkan, automasi dalam bidang pertanian sangat dibutuhkan karena pada tahun 2024 perkiraan pertambahan umat manusia di dunia dapat mencapai angka sembilan juta jiwa [4]. Akan ada tantangan untuk memenuhi kebutuhan pangan dari aspek, kesehatan, keamanan, harga yang terjangkau dan nutrisi makanan.

Hal tersebut yang dapat diatasi dengan menggunakan sistem kecerdasan buatan pada sektor pertanian, sistem dapat menyesuaikan tingkat debit air untuk menyiram tanaman, sehingga penggunaan air akan lebih efisien ataupun memprediksi kapan waktu penyiraman yang optimal. Oleh karena itu, jika sektor pertanian dapat diterapkan konsep automasi dan kecerdasan buatan, maka akan terjadi 'pertanian yang presisi' dalam arti semua proses akan terdata oleh sistem dan proses produksi akan menjadi lebih efisien.

2. Dasar Teori

2.1 Pertanian Otomatis

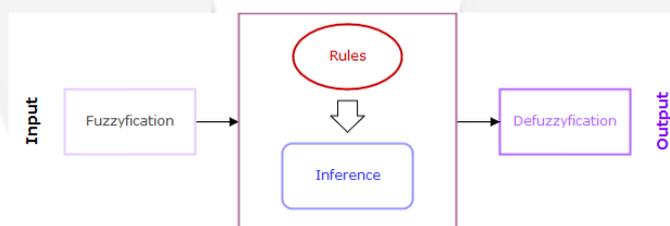
Pertanian modern saat ini digunakan untuk meningkatkan berbagai jenis hasil produksi. Salah satunya caranya dengan menggunakan bibit hybrid dan hydroponic [5] yang dipilih dari berbagai tanaman tunggal, teknologi seperti ini memerlukan banyak energi, sumber daya seperti air, pupuk dan pestisida. Di Indonesia, perkembangan teknologi pertanian sebenarnya sudah sangat lama seperti alat pertanian cangkul, sabit, ani-ani dan alat lainnya sudah dapat menjadi contoh teknologi pertanian, yang pada zamannya sangat membantu kehidupan petani. Semenjak manusia mengembangkan mesin-mesin pertanian secara perlahan, namun pasti, teknologi pertanian yang sederhana mulai ditinggalkan karena dianggap tidak produktif. Di perdesaan anda dapat menemui traktor, penggiling padi sudah digunakan dan dikenal oleh para petani. Pada penelitian sebelumnya [6] sudah diteliti penyiraman dengan menggunakan perhitungan cuaca dan fuzzy logic dari parameter yang digunakan. Pada penelitian ini berfokus pada prediksi saat tanaman diperkirakan akan butuh air.

2.2 Weather Service Provider

Weather Service Provider atau yang selanjutnya disebut dengan WSP adalah sebuah institusi atau pihak yang menyediakan informasi mengenai cuaca yang dapat diakses oleh siapapun yang terhubung dengan internet. Seperti yang digunakan penulis dalam penelitian ini adalah fitur prakiraan cuaca atau yang lebih dikenal dengan *weather forecasting*. Prakiraan cuaca adalah pengaplikasian sains dalam bidang teknologi [7] untuk memprediksi keadaan cuaca di tempat dan waktu tertentu. *Weather Service Provider* yang digunakan oleh penulis adalah Wunderground dan Open WeatherMap untuk menggunakan fitur cuaca dan presentase akan terjadi hujan dari setiap WSP.

2.3 Logika Fuzzy

Fuzzy logic (Logika Fuzzy) [8] merupakan suatu algoritma pengambilan keputusan berbasis aturan yang memiliki tujuan untuk memecahkan masalah. Logika fuzzy ditentukan oleh persamaan logika bukan dari persamaan diferensial kompleks serta mengambil keputusan dari grayness (ketidak pastian) antara dua ekstrem [9]. Logika fuzzy memiliki beberapa komponen yang harus dipahami seperti himpunan fuzzy, fungsi keanggotaan, operator pada himpunan fuzzy, fuzifikasi, inferensi fuzzy, dan defuzifikasi.



Gambar 2.1 Sistem Fuzzy

2.4 Analisis Waktu dan Peramalan

Analisis runtun waktu (*time series*) merupakan salah satu prosedur statistika yang diterapkan untuk meramalkan struktur probabilitas keadaan yang akan datang dalam rangka pengambilan keputusan. Dasar pemikiran runtun waktu adalah pengamatan sekarang (Z_t) dipengaruhi oleh satu atau beberapa pengamatan sebelumnya (Z_{t-k}). Dengan kata lain, model runtun waktu dibuat karena secara statistik ada korelasi antar deret pengamatan. Tujuan analisis runtun waktu antara lain memahami dan menjelaskan mekanisme tertentu, meramalkan suatu nilai di masa depan, dan mengoptimalkan sistem kendali [10]

2.4.1. Autocorrelation Function (ACF)

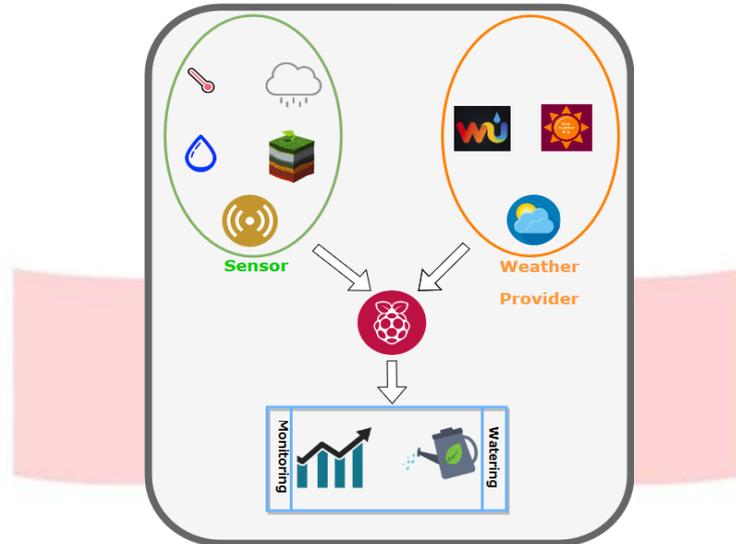
Atau yang biasa dikenal dengan fungsi Autokorelasi merupakan suatu hubungan linear pada data time series antara dengan yang dipisahkan oleh waktu k dan dalam ACF [11] ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi model data time series dan melihat kestasioneran data dalam rata-rata.

2.4.2. Atau yang biasa dikenal dengan fungsi Autokorelasi Parsial, fungsi autokorelasi parsial (PACF) [11] memberikan korelasi parsial dari deret waktu dengan nilai-nilai lag nya sendiri, mengatur nilai-nilai deret waktu pada semua lag yang lebih pendek. Ini kontras dengan fungsi autokorelasi, yang tidak mengontrol untuk lag lainnya

3. Pembahasan

3.1. Gambaran Umum Sistem

Gambaran umum pada penelitian ini mencakup input, proses yang dilakukan oleh kontroler hingga output akan digambarkan dengan gambar di bawah ini.



Gambar 3.1 Gambaran Umum Sistem

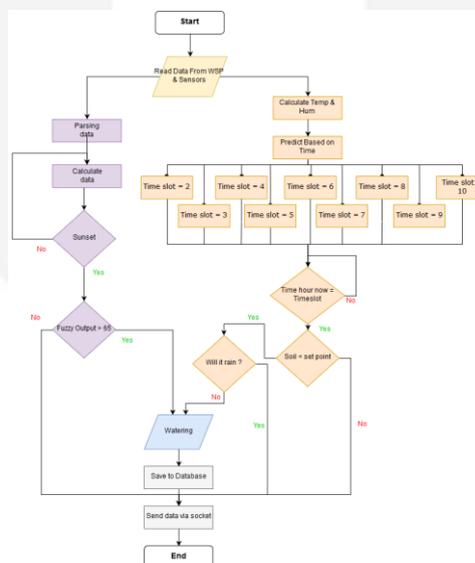
Sistem memiliki 2 bagian utama:

1. Pengambil keputusan penyiraman
2. Monitoring sistem.

sistem yang dibuat untuk penelitian ini bekerja dalam mode otomatis sehingga *user* dapat bercocok tanam tanpa harus menyiram tanaman. Sistem juga terintegrasi dengan kontrol panel berupa aplikasi website yang dapat menyajikan data yang diperoleh dari sistem.

3.1 Perancangan Sistem

Berfokus pada sistem pengambil keputusan yang akan dibuat, untuk melakukan penyiraman diputuhkan parameter input sebagai masukan. Terdapat dua jenis input dalam sistem penyiraman ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primer ialah data yang didapat dari sensor serta data sekunder adalah data yang didapat dari layanan penyedia prediksi cuaca online. Untuk mengetahui bagaimana sistem bekerja dapat dilihat dari gambar dibawah.



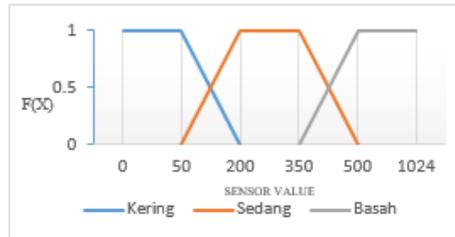
Gambar 3.2 Flowchart sistem

3.2 Perancangan Pengambil Keputusan

3.3.1. Fuzzy

Berdasarkan data primer dan sekunder, langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut menggunakan algoritma fuzzy sehingga didapatkan nilai kelayakan yang dapat menentukan apakah sistem akan dilakukan penyiraman atau tidak di saat matahari terbit. Untuk itu diperlukan fungsi keanggotaan sebagai berikut

a. Fungsi keanggotaan sensor tanah

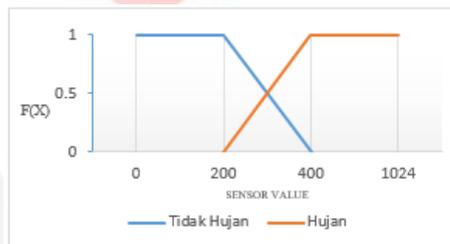


Gambar 3.3 Fungsi Keanggotaan Sensor Tanah

Dari grafik fungsi keanggotaan tersebut dapat dituliskan rumus untuk menentukan nilai linguistik sensor kelembaban tanah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 (3.1) \quad & \text{kering}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 50 \\ \frac{200-x}{200-50}, & 50 < x < 200 \\ 0, & x \geq 200 \end{cases} \\
 (3.2) \quad & \text{sedang}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 50, x \geq 500 \\ \frac{x-50}{200-50}, & 50 < x < 200 \\ \frac{500-x}{500-350}, & 350 < x < 500 \\ 1, & 200 \leq x \leq 350 \end{cases} \\
 (3.3) \quad & \text{basah}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 350 \\ \frac{x-350}{500-350}, & 350 < x < 500 \\ 1, & x \geq 500 \end{cases}
 \end{aligned}$$

b. Fungsi keanggotaan sensor hujan

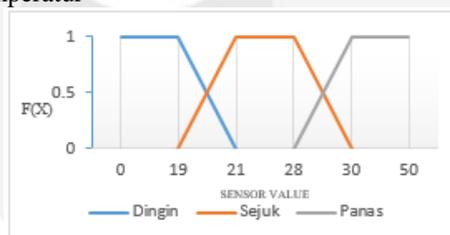


Gambar 3.4 Fungsi Keanggotaan Sensor Hujan

Dari grafik fungsi keanggotaan tersebut dapat dituliskan rumus untuk menentukan nilai linguistik sensor hujan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 (3.4) \quad & \text{tidak_hujan}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 200 \\ \frac{400-x}{400-200}, & 200 < x < 400 \\ 0, & x \geq 400 \end{cases} \\
 (3.5) \quad & \text{hujan}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 200 \\ \frac{x-200}{400-200}, & 200 < x < 400 \\ 1, & x \geq 400 \end{cases}
 \end{aligned}$$

c. Fungsi keanggotaan sensor temperatur

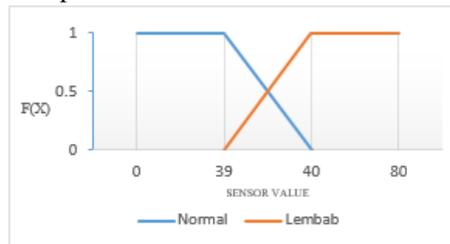


Gambar 3.5 Fungsi Keanggotaan Sensor Temperatur

Dari grafik fungsi keanggotaan tersebut dapat dituliskan rumus untuk menentukan nilai linguistik sensor temperatur sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 (3.8) \quad & \text{dingin}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 19 \\ \frac{28-x}{28-21}, & 21 < x < 28 \\ 0, & x \geq 28 \end{cases} \\
 (3.9) \quad & \text{sejuk}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 19, x \geq 30 \\ \frac{x-19}{21-19}, & 19 < x < 21 \\ \frac{30-x}{30-28}, & 28 < x < 30 \\ 1, & 21 \leq x \leq 28 \end{cases} \\
 (3.10) \quad & \text{panas}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 28 \\ \frac{x-28}{30-28}, & 28 < x < 30 \\ 1, & x \geq 30 \end{cases}
 \end{aligned}$$

d. Fungsi keanggotaan sensor kelembapan



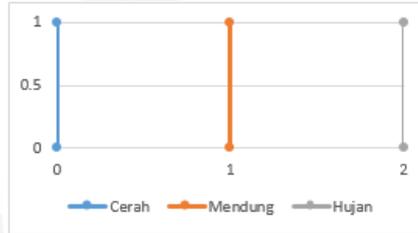
Gambar 3.6 Fungsi Keanggotaan Sensor Kelembapan

Dari grafik diatas dapat dituliskan rumus untu menentukan nilai linguistik dari sensor kelembapan udara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 (3.6) \quad & \text{lembab}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 39 \\ \frac{40-x}{40-39}, & 39 < x < 40 \\ 0, & x \geq 40 \end{cases} \\
 (3.7) \quad & \text{normal}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 39 \\ \frac{x-40}{40-39}, & 39 < x < 40 \\ 1, & x \geq 40 \end{cases}
 \end{aligned}$$

e. Fungsi keanggotaan cuaca

Adapun fungsi keanggotaan dari prediksi cuaca adalah sebagai berikut:



Gambar 3.7 Fungsi Keanggotaan prediksi cuaca

Fungsi keanggotaan hasil prediksi cuaca adalah dengan menggunakan fungsi berbentuk singleton.

f. Ouput

Dimana pada proses ini akan terdapat simulasi pengambilan keputusan berdasarkan aturan fuzzy (fuzzy rule) atau sering juga disebut rule of knowledge. Hasil dari proses inferensi ini berupa fuzzy output atau berupa keputusan-keputusan dari rule yang ada.

Setelah proses inferensi maka dilanjutkan ke proses defuzifikasi dengan menggunakan Centroid Method (Center of Grafity). Adapun rumus dari Centroid Method adalah sebagai berikut:

$$y^* = \frac{\sum y \mu_R(y)}{\sum \mu_R(y)} \tag{3.11}$$

Untuk menggunakan rumus diatas maka dibutuhkan sejumlah sample dari tiap-tiap poin. Semakin banyak sampel yang diambil, maka tingkat akurasi akan semakin tinggi. Adapun sampel yang diambil pada sistem ini sebanyak 20 sample dengan grafik fungsi sebagai berikut:

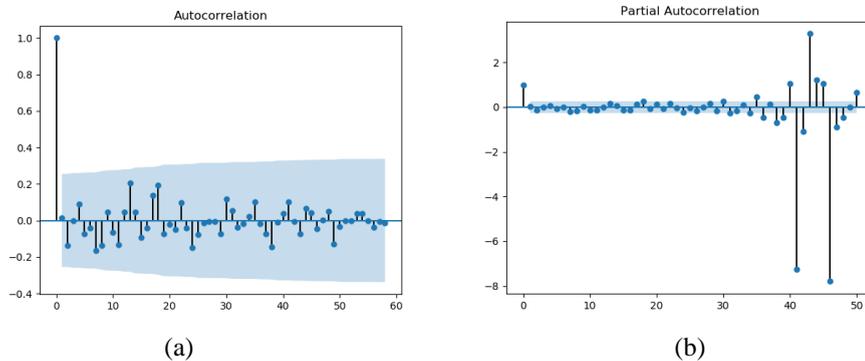


Gambar 3.8 Fungsi Keanggotaan Output

Hasil dari defuzifikasi akan digunakan untuk pengambilan keputusan. Apabila nilai kelayakannya semakin tinggi dari 65 maka tanaman akan semakin layak untuk dilakukan penyiraman, dan berlaku sebaliknya.

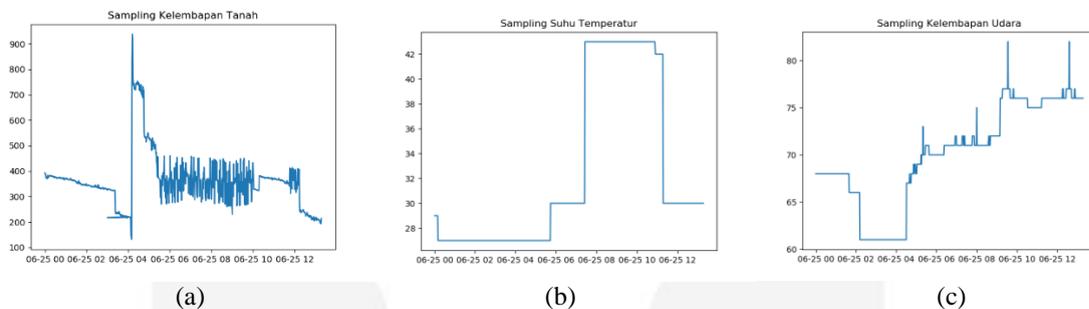
3.3.2. Prediksi dengan Trend Data Analysis

Prediksi yang dirancang dalam sistem ini menggunakan trend data sebagai parameter pembuat keputusan. Data yang digunakan sebagai parameter uji adalah data dari sensor kelembapan tanah, karena kelembapan tanah merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman [34].



(a) (b)
Gambar 3.9 Plot ACF (Autocorrelation Function) (a) dan Plot PACF (Partial Autocorrelation Function) (b) data kelembapan tanah

Pada gambar diatas plot ACF dan PCAF menunjukkan bahwa terjadi *cut off* pada lag pertama, yang berarti observasi kelembapan tanah dipengaruhi oleh keadaan tanah pada waktu sebelumnya. Hal ini menunjukkan kelembapan tanah akan terus menurun apabila tidak ada hujan atau penyiraman yang dilakukan. Untuk menentukan kapan waktu tanah akan turun dilakukan percobaan mengambil beberapa data selama 12 jam.



(a) (b) (c)
Gambar 3.10. Hasil sampling Kelembapan Tanah (a), Temperatur(b), dan Kelembapan Udara (c)

. Dari ketiga data sampling tersebut penulis menarik kesimpulan berupa:

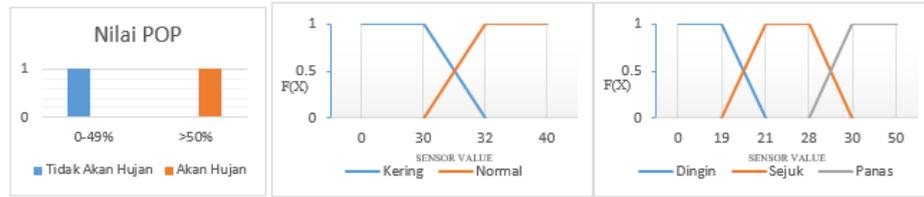
Tabel 3.1 Penarikan keputusan hasil sampling

Time Slot	Rata-rata Suhu °C	Rata-rata Kelembapan %	Kelembapan Tanah			
			Rata-rata	Mix	Max	Selisih
12	32,5	70,1	362,9	132	938	806
11	33,0	70,3	361,9	132	938	806
10	33,4	70,5	362,2	132	938	806
9	34,0	71,4	364,7	132	938	806
8	34,9	72,5	375,6	132	938	806
7	35,8	73,4	348,1	193	530	327
6	36,9	73,4	338,9	193	460	267
5	38,0	74,0	334,7	193	458	365
4	38	74,4	331,0	193	450	257
3	37,0	75	326,3	193	450	257
2	35	76,0	318,8	193	432	239
1	32	76,0	300,2	193	415	222

Tabel diatas merupakan data hasil sampling yang dilakukan, tabel tersebut dibuat agar penentuan untuk waktu prediksi atau selanjutnya disebut time slot dapat lebih jelas. Time slot yang digunakan dalam pengambil keputusan adalah 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 dan 10 jam. Time slot nantinya akan menjadi acuan sistem sebagai waktu prediksi untuk pengambil keputusan secara dinamis.

Sementara untuk prediksi cuaca WPS Wunderground nilai input dikategorikan menjadi 2 kategori seperti dilihat grafik *single tone* di bawah

Untuk prediksi sistem dirancang agar dapat menentukan kapan waktu pengecekan tanaman secara dinamis, parameter lingkungan yang dipakai adalah suhu dan kelembapan udara. Dengan menggunakan fungsi keanggotaan ditentukan batas-batas untuk parameter tersebut yaitu sebagai berikut.



Gambar 3.11 Fungsi keanggotaan untuk prediksi waktu

Dari input kondisi lingkungan diatas akan diklasifikasi ke dalam beberapa time slot sebagai prediksi kapan waktu selanjutnya akan dilakukan pengambil keputusan. Oleh karena itu dirancang algoritma sebagai berikut:

If temperature = panas and kelembapan = kering then ts = 2 If temperature = panas and kelembapan = normal then ts = 3 If temperature = panas and kelembapan = lembab then ts = 4 If temperature = sejuk and kelembapan = kering then ts = 5 If temperature = sejuk and kelembapan = normal then ts = 6	If temperature = sejuk and kelembapan = lembab then ts = 7 If temperature = dingin and kelembapan = kering then ts = 8 If temperature = dingin and kelembapan = normal then ts = 9 If temperature = dingin and kelembapan = lembab then ts = 10
--	--

Kemudian untuk pengambilan keputusan untuk menyiram berikut adalah algoritma perancangannya.

```

If tanah < set_point and POP = rain1 then not_watering
If tanah < set_point and POP = rain2 then not_watering
If tanah > set_point then not_watering
If tanah < set point then POP = not_rain then watering
    
```

Diatas adalah rancangan algoritma yang ditetapkan sebagai pengambil keputusan untuk sistem, algoritma diatas memiliki 4 output sebagai status dari aksi yang diambil yaitu didefinisikan sebagai berikut:

Tabel 3.2. Status Pengambil Keputusan

No	Status
1	Tidak disiram, hari ini akan hujan
2	Tidak disiram, malam ini akan hujan
3	Tanah tidak butuh air
4	Disiram

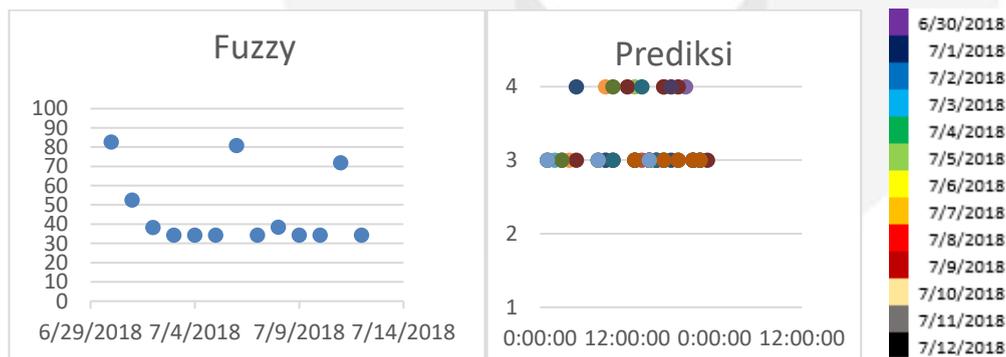
3.3 Perancangan Sistem Monitoring

Sistem terintegrasi dengan kontrol panel berupa aplikasi web browser, yang bertujuan agar sistem dapat dengan mudah dipantau oleh user. Pada penelitian ini penulis menawarkan kontrol panel sederhana yang dibuat untuk mengamati riwayat data dari setiap sensor, dan juga akan disajikan riwayat pompa air pada saat aktif menyiram.

4. Implementasi dan Pengujian Sistem

4.1 Hasil Pengambilan Keputusan

Tujuan dilakukannya pengujian pengambilan keputusan ini untuk mengetahui bagaimana sistem bereaksi terhadap keadaan di lapangan selain itu juga untuk memastikan logika fuzzy dan prediksi yang diimplementasikan telah sesuai dengan perancangan dan tujuan yang diharapkan.



Gambar 4.1

Pada Gambar 4.1 diatas dapat dilihat selama sistem berjalan selama 13 hari, baik dalam proses penyiraman atau pengambilan data. Dan sistem dapat menyiram sesuai dengan kondisi tanaman.

4.2 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Dari pengujian yang dilakukan selama 13 hari didapatkan 76 data dengan perhitngan akurasi sistem sebagai berikut :

$$akurasi\ penyiraman = \frac{74}{76} \times 100\% = 97,36\%$$

Kegagalan terjadi karena karena pada tanggal 7 kondisi sensor tanah sudah dianggap tidak layak untuk digunakan, sehingga harus diganti.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari pengujian dan Analisa yang dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Sistem yang dirancang dapat mengirimkan data berupa riwayat dari beberapa sensor dan juga riwayat penyiraman yang dilakukan pompa dengan tingkat keberhasilan 100 %.
2. Sensor memiliki kondisi nilai yang belum pasti (greyness) sehingga dapat ditangani dengan proses fuzzifikasi pada algoritma fuzzy logic.
3. Pompa yang digunakan dalam sistem dapat bekerja secara benar dan lamanya penyiraman sudah sesuai yaitu 2 detik untuk durasi seperti yang tertera dalam program.
4. Sistem yang dibuat telah dapat merawat tanaman secara otomatis selama 13 hari dengan tingkat akurasi penyiraman sebesar 97,36 %

5.1 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis untuk pengembangan selanjutnya:

1. Disarankan membuat kontrol panel yang lebih bonafit agar sistem dapat lebih terpantau dengan jelas dan efisien, sekaligus memberi fitur untuk mengontrol pompa air.
2. Membangun sistem dengan kontroler board yang lebih maju lagi agar proses dapat lebih cepat dalam memproses data.
3. Untuk menggunakan algoritma ANFIS pada penelitian selanjutnya agar waktu prediksi dapat lebih dinamis sehingga tidak bergantung pada nilai fungsi keanggotaan.

Referensi

- [1] Quincieu dan Eric, "Summary Of Indonesias Agriculture," *National Resources and Enviroment Sector Assessment*, 2015.
- [2] Shahaf dan Emanuel, "Agriculture In Indonesia," 2013.
- [3] Simon dan Siregar, "Automation system hydroponic using smart solar power plant unit," *Jurnal Teknologi UTM Perss*, 2016.
- [4] T. E. I. Unit, "Global Food Security Index," 2016.
- [5] M. Mugundhan, "Hydroponics - A Novel Alternative for Geoponic Cultivation," *nternational Journal of Pharma and Bio Science*, vol. 2, no. 12, p. 2, 2011.
- [6] A. P. Kurniawan, A. N. Jati dan F. Azmi, "Wheather Prediction Based on Fuzzy Logic Algorithm for Supporting General Farming Automation System," *International Conference on Instrumentation, Control, and Automation (ICA)*, vol. IV, pp. 152 - 157, 2017.
- [7] E. J, Kendon, N. M, Roberts, H. J, Fowler, M. J, Roberts, S. C dan C. & C. A, "Heavier summer downpours with climate change revealed by weather forecast resolution model," *Nature Climate Change*, vol. 4, no. 4, p. 570–576, 2014.
- [8] B. University, "Fuzzy Logic," *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2006.
- [9] J. R, "Fuzzy logic and Fuzzy logic Sun Trancking Control," *Calvin College*, 2002.
- [10] Makridakis, Spyros, Wheelwright dan V. E. McGee, *Forecasting: Methods and applications (Second Edition)*, New York, 1999.
- [11] R. Nau, "ACF and PACF plots," Fuqua School of Business, Duke University, April 2018. [Online]. Available: <https://people.duke.edu/~rnau/411arim3.htm>. [Diakses 1 Juli 2018].
- [12] İ. Öztel dan C. Öz, "Developing a Virtual Driving Simulator for Educational Purposes," *Balkan Journal of Electrical & Computer Engineering*, vol. 2, no. 2, p. 51, 2014.
- [13] W. H. Organization, "Road Traffic Injuries," WHO, November 2016. [Online]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/>. [Diakses 15 Februari 2017].
- [14] K. PORLI, "Statistik Laka," KORLANTAS PORLI, 2017. [Online]. Available: <http://korlantas.polri.go.id/statistik-2>. [Accessed 15 Februari 2017].
- [15] R. Dewi, "Hubungan Antara Tayangan 86 di Net. dengan Tingkat Pengetahuan Peraturan Lalu Lintas," *eJournal Ilmu Komunikasi*, vol. 4, no. 4, pp. 16-29, 2017.
- [16] "UNDANG UNDANG NO 22 TAHUN 2009 Lalu Lintas dan Angkutan Jalan," November 2015. [Online]. Available: <http://korlantas.polri.go.id/undang-undang-no-22-tahun-2009-lalu-lintas-dan-angkutan-jalan/>. [Accessed 7 September 2017].
- [17] Prastiawan, "Perancangan Simulator Driving Car dengan Menggunakan Metode Augmented Reality (AR)," *Pelita Informatika Budi Darma*, vol. VIII, no. 3, pp. 123-128, 2014.

- [18] A. Paz, N. Veeramisti, H. d. I. Fuente-Mella, L. V. Modorcea and H. Monteiro, "Towards a realistic traffic and driving simulation Using 3D Rendering," *IEEE*, vol. 15, no. 7, pp. 315-356, 2015.
- [19] S. Hirulkar, M. Damle, V. Rathee and B. Hardas, "Design of Automatic Car Breaking System Using Fuzzy Logic and PID controller," in *International Conference on Electronic Systems, Signal Processing and Computing Technologies*, 2014.
- [20] A. Visioli, *Practice PID control*, Verlag: Springer-Verlag London Limited, 2006.
- [21] A. S, S. E and N. R, "Rancang Bangun Kestabilan Laju Robot Kapal Selam Berbasis Mikrokontroler," *e-Proceeding of Engineering*, 2016.
- [22] F. Briz', J. A. Cancelas" and A. Diez , "Speed Measumment Using Rotary Encoders for High Performance ac Drives," *IEEE*, pp. 538-542, 1994.
- [23] B. Meng, Y. Wang, W. Sun and X. Yuan, "A Novel Diagnosis Method for a Hall Plates-Based Rotary Encoder with a Magnetic Concentrator," *Sensors*, no. 14, pp. 13981-13998, 2014.
- [24] C. A and U. A, "Improving Component-Swapping Modularity Using Bidirectional Communication in Networked Control Systems," *IEEE/ASME Transactions on Mechatronic*, 2009.
- [25] E. M and U. U, "Maximizing Serial Ports for File Transfers between Computers: Design Issues," *Georgian Electronic Scientific Journal: Computer Science and Telecommunications*, pp. 3-13, 2007.
- [26] W. M and A. Z, "Design and Simulation of UART for Serial Communication," *International Journal of Computer Science Engineering (IJCSE)*, pp. 151-155, 2016.
- [27] S. Simon, "Automation system hydroponic using smart solar power plant unit," *Jurnal Teknologi UTM Perss*, 2016.
- [28] T. E. I. Unit, "Global Food Security Index," 2016.
- [29] M. Mugundhan, "Hydroponics - A Novel Alternative for Geoponic Cultivation," *nternational Journal of Pharma and Bio Science*, vol. 2, no. 12, p. 2, 2011.
- [30] N. M. R. H. J. F. M. J. R. S. C. C. & C. A. S. Elizabeth J. Kendon, "Heavier summer downpours with climate change revealed by weather forecast resolution model," *Nature Climate Change*, vol. 4, no. 4, p. 570-576, 2014.
- [31] B. University, "Fuzzy Logic," *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2006.
- [32] R. Johnson, "Fuzzy logic and Fuzzy logic Sun Trancking Control," *Calvin College*, 2002.
- [33] M. Januwati, "Faktor Ekologi Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Tanaman," *Warta Tumbuhan Obat Indonesia*, 1992.