

**DISAIN SISTIM KONTROL MODEL PENGAIRAN PERTANIAN LAHAN KERING  
BERBASIS FUZZY LOGIC**

**Stephanie I Pella<sup>1</sup>, Sarlince O Manu<sup>2</sup> dan Hendro FJ Lami<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Program Studi Teknik Elektro, Universitas Nusa Cendana Jl. A. Sucipto-Penfui*  
Email: [s.i.pella@staf.undana.ac.id](mailto:s.i.pella@staf.undana.ac.id)

<sup>2</sup>*Program Studi Teknik Elektro, Universitas Nusa Cendana Jl. A. Sucipto-Penfui*  
Email: [sarlince\\_manu@staf.undana.ac.id](mailto:sarlince_manu@staf.undana.ac.id)

<sup>3</sup>*Program Studi Teknik Elektro, Universitas Nusa Cendana Jl. A. Sucipto-Penfui*  
Email: [h.lami@staf.undana.ac.id](mailto:h.lami@staf.undana.ac.id)

**ABSTRAK**

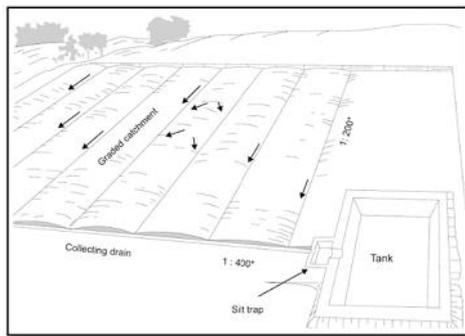
Model pertanian di Nusa Tenggara Timur (NTT) sebagian besar tergolong dalam penelitian lahan kering, dimana diperlukan teknik konservasi air. Pengairan dengan cara manual kurang efektif dalam penentuan jumlah air yang dibutuhkan tanaman, juga waktu dan tenaga yang dibutuhkan untuk lahan yang luas. Penelitian ini bertujuan mendisain sebuah model pengairan pertanian lahan kering berbasis fuzzy logic, dimana pengairan dilakukan secara otomatis, dan jumlah dan kecepatan pengairan ditentukan oleh kelembapan tanah dan suhu udara. Secara umum penelitian terbagi dalam dua bagian besar, yaitu disain fuzzy logic dan implementasi kontrol motor pompa dengan Raspberry Pi. Pemodelan kontrol fuzzy logic menggunakan tiga parameter input (kelembapan tanah, suhu udara dan perubahan kelembapan tanah) dan dievaluasi melalui 24 fuzzy rules dan menghasilkan dua output yaitu kecepatan motor pompa dan lama pengairan. Implementasi kontrol motor pompa dengan raspberry Pi dilakukan pada skala lab dengan fungsi kelembapan tanah diperoleh melalui sensor YL-69. Proses pengkodean untuk melakukan konversi data analog dan penyimpanan hasil agregasi kedalam sebuah database menggunakan bahasa pemrograman python dan pymysql. Korelasi kesalahan antara kadar air optimum sampel terukur secara manual dan kadar air optimum terukur melalui sensor kelembapan adalah 1.57% terhadap nilai interval yang menjamin pertumbuhan tanaman yang normal pada kisaran 70% . Pengujian monitoring data keadaan lahan melalui jaringan lokal dapat berjalan dengan baik dimana pengguna dapat mendapatkan data printout keadaan lahan.

Kata kunci: fuzzy logic, control system, lahan kering

**1. PENDAHULUAN**

Pertanian lahan kering merupakan salah satu potensi bagi wilayah dikawasan timur Indonesia yang identik dengan karakteristik daerah sub tropis. Luas wilayah pertanian lahan kering adalah 148 juta ha namun hanya 76,22 ha yang merupakan lahan produktif[1]. Pertanian lahan kering mampu meningkatkan kualitas ekonomi masyarakat tani melalui beberapa sektor komoditas yaitu antara lain ubikayu, jagung, kacang tanah, dan kedelai[2]. Namun keberhasilan panen sistim pertanian lahan kering sangat bergantung pada penerapan teknik konservasi tanah dan air.

Untuk teknik konservasi air, pada prinsipnya merupakan teknik pengaturan kebutuhan air pada lahan dengan mempertimbangkan infiltrasi dan evaporasi. Strategi pemanfaatan air hujan sebagai sumber pengairan pada saat musim kemarau menjadi urgen pada daerah-daerah yang memiliki curah hujan kecil misalnya nusa tenggara timur dengan tingkat evaporasi yang tinggi[3]. Gambar Error! No text of specified style in document. menjelaskan secara umum model pengairan lahan kering menggunakan teknik panen air hujan. Air hujan ditampung pada penampungan dan selanjutnya air hasil panen tersebut akan mengalir lahan pertanian[4]. Walaupun air sudah siap untuk mengairi lahan pertanian, pada lahan kering lama pengairan bergantung pada jenis tanaman[5].



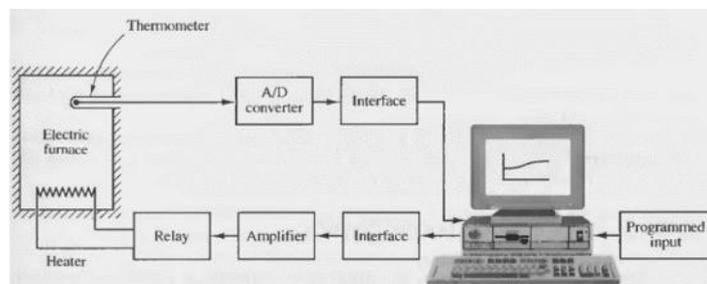
Jenis tanaman	Kebutuhan air (mm/musim)	Umur tanaman (hari)
Jagung	400–750	100–150
Bawang merah	350–600	95–145
Kentang	350–625	100–155
Kedelai	450–825	100–130
Tomat	300–600	100–140
Tembakau	300–500	90–120

Gambar **Error! No text of specified style in document.** Irigasi Pertanian Lahan Kering Menggunakan Teknik Panen Air Hujan dan Kebutuhan air berdasarkan jenis tanaman[4, 5]

Model pengairan pipa otomatis dapat mendukung keberhasilan pengaturan konsumsi air tanaman. Kelembaban tanah terjaga melalui penerapan sensor dan sistem control buka tutup air pipa. Penelitian yang dilakukan pada [6, 7] telah berhasil menerapkan model kontrol otomatis dengan masing-masing menggunakan sensor dan mikrokontroler. Pada sistem[6] menggunakan sebuah kran elektrik untuk mengatur buka tutup air pada lahan pertanian dengan mengabaikan pendeteksian kelembaban tanah. Sementara pada [7] menerapkan sensor kelembaban tanah dengan menggunakan media komunikasi wireless. Kelemahan [7] adalah hanya memodelkan system komunikasi dua sensor (single node) yang mana belum dapat melihat dampak aktifitas kanal dan kehandalan system untuk multi node. Berdasarkan kelemahan pada penelitian [6, 7], maka penelitian ini memiliki dua fokus utama : (1) Memodelkan fuzzy logic control untuk system pengairan lahan kering, (2) Memodelkan dan menganalisis mekanisme multi akses kanal jaringan nirkabel.

## 2. SISTEM KONTROL MODEREN

Teknologi sistem kontrol saat ini telah menjadi kebutuhan umum mulai dari rumah tangga, militer, dan industri. Sebagai contoh aplikasi sistem kontrol antara lain sistem buka tutup gerbang[8], sistem saklar lampu[9], pengaturan suhu ruangan[10], dan lain sebagainya. Untuk mencapai tujuan tertentu, sebuah sistem kontrol moderen telah menggunakan teknologi setara kemampuan komputer untuk melakukan proses kontrol tertentu.

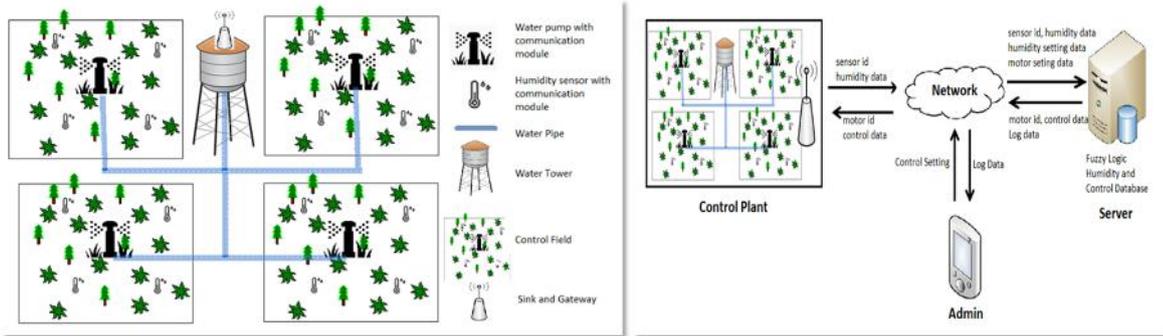


Gambar 2. Sistem Kontrol Suhu Ruangan[11]

Gambar menjelaskan model sederhana suatu sistem kontrol suhu ruangan dengan menggunakan software dan hardware dalam mencapai tujuan. Sistem ini menggunakan model loop tertutup dengan thermometer sebagai komponen sensor umpan balik. Selain penggunaan teknologi komputer saat ini sistem kontrol juga mengadopsi teknologi fuzzy guna mendukung pencapaian tujuan[12, 13]. Selain menerapkan kecerdasan teknologi komputer, sistem kontrol juga mengalami perkembangan dengan menambahkan fuzzy logic untuk suatu kondisional capaian target kontrol.

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini memiliki dua fokus tujuan utama yaitu memodelkan fuzzy logic control untuk system pengairan lahan kering, dan memodelkan dan menganalisis mekanisme multi akses kanal jaringan nirkabel. Berdasarkan tujuan utama tersebut maka terdapat dua area penelitian yaitu pada sisi kontrol dan sisi komunikasi. Gambar 5 menjelaskan model sistem pada penelitian yang komponen utamanya terdiri atas control plant, network, server dan admin.

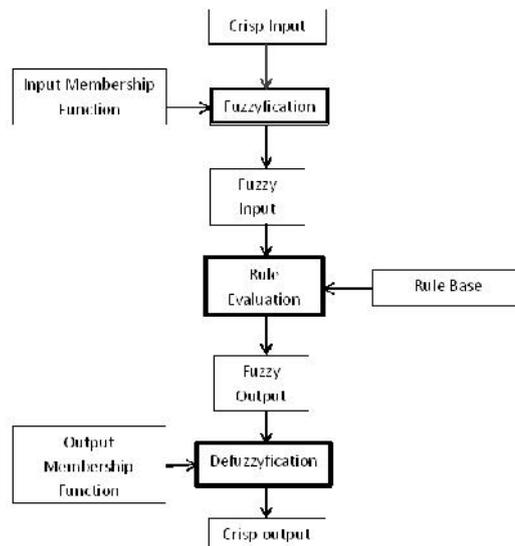


Gambar 5. Diagram Sistem

Plan pada **Error! Reference source not found.** adalah kelembaban tanah lahan pertanian dan aliran air dari pipa. Sensor kelembaban tanah memiliki peran sebagai feedback dalam sistim menginformasikan keadaan saat mana lahan pertanian harus dialiri air. Pada plant sistem ini kadar air optimum acuan adalah 70 % dari kadar air elektifnya dimana durasi pengairan lahan sangat bergantung pada fluktuasi nilai tersebut. Sebelum tahapan implementasi maka dapat menguji kinerja sebuah rancangan sistim melalui tahapan simulasi. Penelitian ini menggunakan dua simulator yang akan bertugas menganalisis masing-masing fungsi dalam hal ini fungsi kontrol dan fungsi komunikasi. Pada sisi implementasi, penelitian ini menggunakan sensor YL-69 untuk mendapatkan data kadar air optimum kondisi real lahan. Hasilnya akan dikirimkan ke sebuah single board computer untuk melakukan proses pengolahan data menggunakan bahasa pemrograman python dalam mengatur laju perputaran katup pipa pengairan.

#### 4. HASIL PENELITIAN

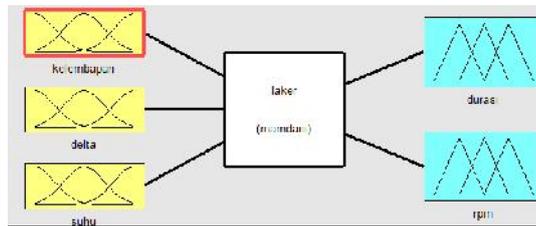
Untuk bagian pengontrolan secara fuzzy, hasilnya diperoleh berdasarkan diagram fuzzy control pada gambar 7. Dalam penelitian ini simulasi sistem kontrol penyiraman tanaman dibangun menggunakan perangkat lunak toolbox fuzzy logic pada MATLAB 2012. Metode kontrol menggunakan fuzzy logic dilakukan dengan tahapan yang pertama adalah mendefinisikan variabel input, output dan menentukan konfigurasi aturan fuzzy, kemudian tahapan berikutnya adalah mendesain blok FLC, blok kontrol PID dan blok kontrol on -off menggunakan simulink dan fuzzy logic toolbox pada Matlab (Gambar 7).



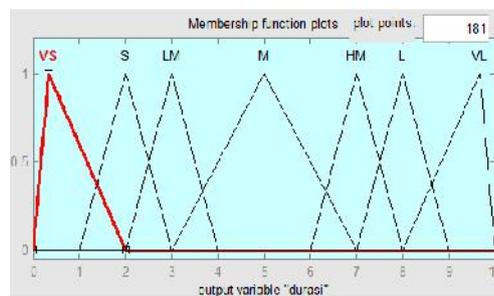
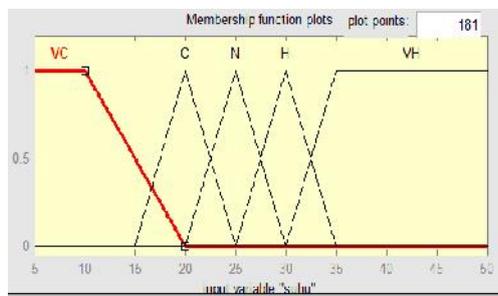
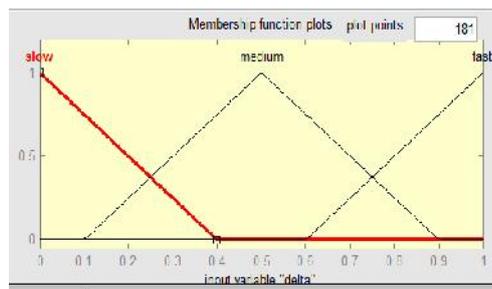
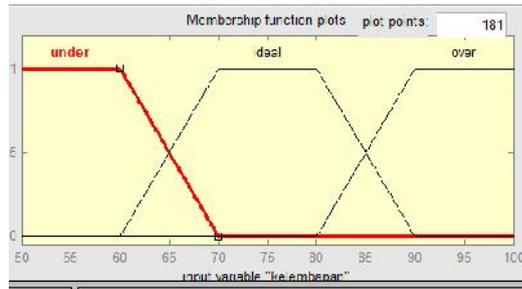
Gambar 7. Diagram Fuzzy Control

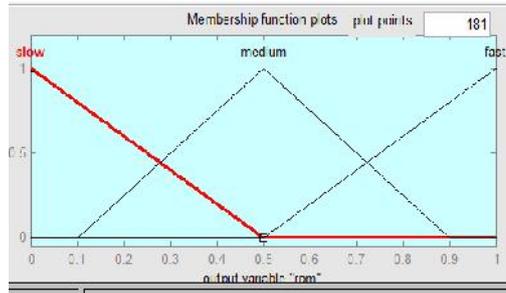
Variabel input sistem FLC berupa kelembaban tanah (Kelembappan), perubahan error (Delta) dan suhu udara (suhu). Nilai fungsi keanggotaan variabel input dan output serta konfigurasi aturan pada penelitian ini mengacu pada pengamatan respon sistem kontrol konvensional (on/off) yang sebelumnya telah dilakukan. Pada Gambar 8 dan gambar

9 menunjukkan konfigurasi FLC dan keanggotaan input dan output dari system yang dibangun. Sementara pada gambar 10 dan 11 menjelaskan mengenai rule base dan rule viewer.



Gambar 8. Konfigurasi FLC Sistem

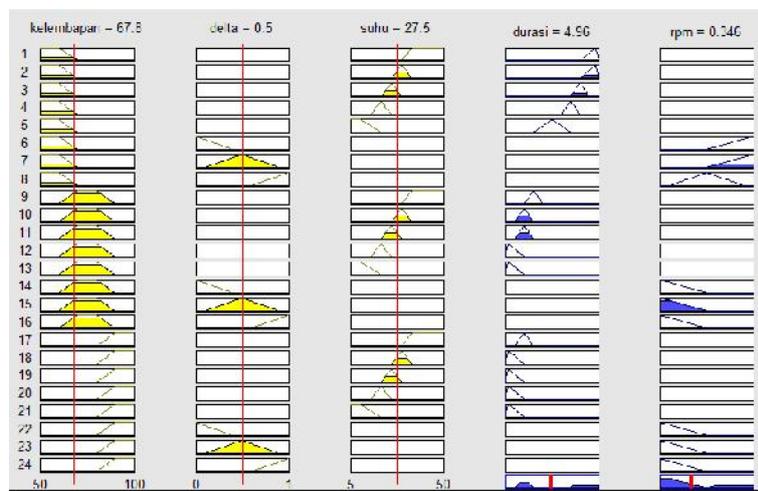




Gambar 9. Fungsi Keanggotaan Input dan Output

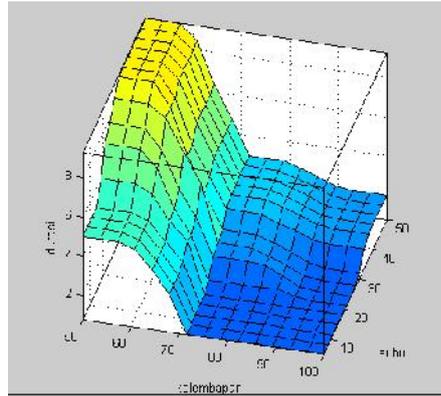
1. If (kelembapan is under) and (suhu is VH) then (durasi is VL) (1)
2. If (kelembapan is under) and (suhu is H) then (durasi is VL) (1)
3. If (kelembapan is under) and (suhu is N) then (durasi is L) (1)
4. If (kelembapan is under) and (suhu is C) then (durasi is HM) (1)
5. If (kelembapan is under) and (suhu is VC) then (durasi is M) (1)
6. If (kelembapan is under) and (delta is slow) then (rpm is fast) (1)
7. If (kelembapan is under) and (delta is medium) then (rpm is fast) (1)
8. If (kelembapan is under) and (delta is fast) then (rpm is medium) (1)
9. If (kelembapan is ideal) and (suhu is VH) then (durasi is LM) (1)
10. If (kelembapan is ideal) and (suhu is H) then (durasi is S) (1)
11. If (kelembapan is ideal) and (suhu is N) then (durasi is S) (1)
12. If (kelembapan is ideal) and (suhu is C) then (durasi is VS) (1)
13. If (kelembapan is ideal) and (suhu is VC) then (durasi is VS) (1)
14. If (kelembapan is ideal) and (delta is slow) then (rpm is slow) (1)

Gambar 10. Rule Base Sistem

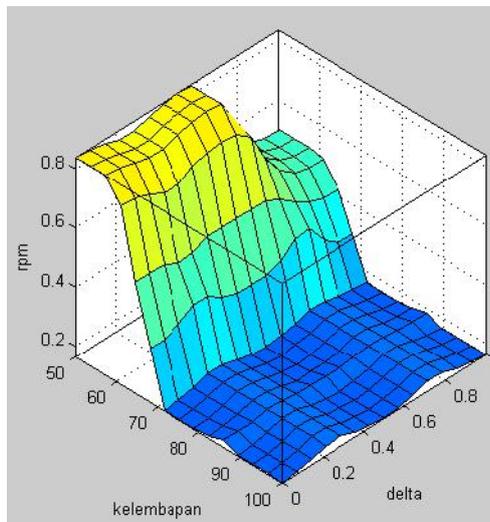


Gambar 11. Hasil Pada Rule Viewer

Hubungan kelembapan tanah, suhu udara dan durasi motor pompa dapat dilihat pada Gambar 12, dan hubungan kelembapan tanah dan perubahan kelembapan tanah terhadap kecepatan motor pompa dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 12. Pengaruh Kelembapan dan Suhu Terhadap Durasi Penyiraman



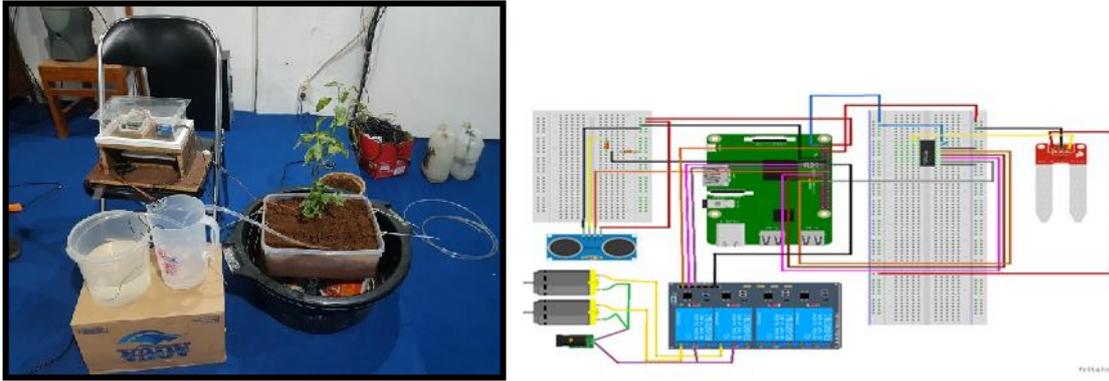
Gambar 13. Pengaruh Kelembapan dan Delta Error Terhadap Kecepatan Motor Pompa

Penelitian ini diawali dengan melakukan analisa kadar air elektif pada karakteristik tanah sampel lahan kering tanpa menggunakan sensor kelembapan tanah YL-69. Sampel keadaan tanah yang berbeda dengan prosedur yang dilakukan dalam pengujian kadar air dimulai dari pengukuran berat cawan kosong, pengukuran berat tanah basah, dan pengovenan tanah basah selama 24 jam hingga mendapatkan tanah kering untuk selanjutnya ditimbang pada alat timbang. Tabel 1 menginformasikan hasil dari salah satu sampel percobaan pengukuran kadar air elektif secara manual.

Tabel 1. Kadar Air Elektif Sampel Tanah Lahan Kering

Data Cawan			Hasil
1	Berat cawan kosong	$M_1$ (gram)	44.87
2	Berat cawan + tanah basah	$M_2$ (gram)	360.34
3	Berat cawan + tanah kering	$M_3$ (gram)	276
4	Berat air	$M_2 - M_3$ (gram)	84.34
5	Berat tanah kering	$M_3 - M_1$ (gram)	231.13
6	Kadar air	$[(M_2 - M_3) / (M_3 - M_1)] \times 100\%$	36.49%

Setelah melakukan pengukuran manual maka selanjutnya adalah melakukan pengukuran kadar air elektif menggunakan sensor kelembapan tanah YL-69. Hasil pengukuran menggunakan sensor memiliki rata-rata kesalahan sebesar 1.57% terhadap pengukuran manual. Data rerata kesalahan tersebut digunakan sebagai acuan dalam proses pengairan lahan uji pada gambar 6.



Gambar 6. Model Pengujian Skala Lab

Implementasi sistem juga memodelkan suatu akses data agregasi antara sensor dan py server menggunakan bahasa pemrograman python. Selanjutnya data tersebut dapat diakses online dengan memampukan single board computer raspberry pi sebagai server. Server yang digunakan adalah apache dengan database servernya adalah pymysql. Saat pengujian pengguna dapat mengakses data situasi kadar air optimum menggunakan jaringan akses lokal. Berikut adalah hasil print data monitoring keadaan lahan :

Laporan Data Kelembaban							
ID	Nilai	Kelembaban	Kondisi	Status Pompa	Jarak	Waktu	
254	298	71	sangat_basah	OFF	4 cm	2019-07-20 04:27:25	
253	299	71	sangat_basah	OFF	4 cm	2019-07-20 04:27:17	
252	299	71	sangat_basah	OFF	4 cm	2019-07-20 04:27:09	
251	299	71	sangat_basah	OFF	4 cm	2019-07-20 04:27:01	
250	299	71	sangat_basah	OFF	4 cm	2019-07-20 04:26:53	
249	299	71	sangat_basah	OFF	4 cm	2019-07-20 04:26:45	
248	298	71	sangat_basah	OFF	4 cm	2019-07-20 04:26:37	
247	298	71	sangat_basah	OFF	4 cm	2019-07-20 04:26:29	
246	298	71	sangat_basah	OFF	4 cm	2019-07-20 04:26:21	
245	298	71	sangat_basah	OFF	4 cm	2019-07-20 04:26:12	
244	297	71	sangat_basah	OFF	4 cm	2019-07-20 04:26:04	
243	298	71	sangat_basah	OFF	4 cm	2019-07-20 04:25:56	
242	298	71	sangat_basah	OFF	4 cm	2019-07-20 04:25:48	

Gambar 7. Data Printout Status Lahan

## 5. KESIMPULAN

Penelitian ini terdiri dari tiga bagian utama yaitu disain fuzzy logic dan implementasi system. Model fuzzy logic control terdiri atas tiga input (kelembaban, suhu udara, dan perubahan error kesalahan) dan dua output (durasi penyiraman dan kecepatan motor pompa). Implementasi sistem pada skala lab terdiri dari sensor kelembaban tanah (YL 69), mini komputer Rasberry Pi dan motor DC. Rasberry Pi membaca data dari sensor dan mengontrol kecepatan dan durasi motor pompa air. Hasil agregasi sensor YL-69 memiliki simpangan rerata 1.57% terhadap pengukuran manual. Analisa akses kanal menggunakan model Markov dan divlidasi melalui simulasi pada Castalia di lingkungan OMNET++. Hasil analisa menunjukkan hubungan kepadatan jaringan terhadap throughput dan beban jaringan terhadap Packet Delivery Rate (PDR).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Mulyani, "Perkembangan potensi lahan kering masam," *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Jakarta*, 2006.

- [2] S. Sugiarto, "Distribusi Ketenagakerjaan dan Tingkat Kesejahteraan Petani di Pedesaan Agroekosistem Lahan Kering Berbasis Komoditas Palawija," *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, vol. 11, 2017.
- [3] W. Widiyono, "KONSERVASI FLORA, TANAH DAN SUMBERDAYA AIR EMBUNG-EMBUNG DI TIMOR BARAT PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR (STUDI KASUS'EMBUNG'OEMASI-KUPANG DAN'EMBUNG'LEOSAMA-BELU)," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 9, 2011.
- [4] T. Oweis, *Water harvesting and supplemental irrigation for improved water use efficiency in dry areas* vol. 7: IWMI, 1999.
- [5] R. G. Allen, L. S. Pereira, D. Raes, and M. Smith, "Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56," *FAO, Rome*, vol. 300, p. D05109, 1998.
- [6] S. Sirait, S. K. Saptomo, and M. Y. J. Purwanto, "Rancang bangun sistem otomatisasi irigasi pipa lahan sawah berbasis tenaga surya," *Jurnal Irigasi*, vol. 10, pp. 21-32, 2016.
- [7] M. D. Syamsiar, M. Rivai, and S. Suwito, "Rancang Bangun Sistem Irigasi Tanaman Otomatis Menggunakan Wireless Sensor Network," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, pp. A261-A266, 2016.
- [8] A. F. Silvia, E. Haritman, and Y. Mulyadi, "Rancang Bangun Akses Kontrol Pintu Gerbang Berbasis Arduino Dan Android," *electrans*, vol. 13, pp. 1-10, 2014.
- [9] M. Rofiq and M. Yusron, "Perancangan Sistem Kontrol Dan Monitoring Lampu Dengan Memanfaatkan Teknologi Bluetooth Pada Smartphone Android," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, vol. 8, pp. 14-23, 2014.
- [10] D. Prihatmoko, "Perancangan dan Implementasi Pengontrol Suhu Ruangan berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, vol. 7, pp. 117-122, 2016.
- [11] K. Ogata and Y. Yang, *Modern control engineering* vol. 4: Prentice hall India, 2002.
- [12] E. H. Mamdani, "Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant," in *Proceedings of the institution of electrical engineers*, 1974, pp. 1585-1588.
- [13] J. Yen and R. Langari, *Fuzzy logic: intelligence, control, and information* vol. 1: Prentice Hall Upper Saddle River, NJ, 1999.
- [14] Sumarna, Agus. "Irigasi Tetes pada Budidaya Cabai." *Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Bandung* 31 (1998).

