

PENERAPAN *WIRELESS SENSOR NETWORKS* (WSN) UNTUK SISTEM PEMANTAUAN SAWAH TADAH HUJAN

Miftahul Walid¹⁾, Surifatul Hafiah²⁾, dan Bakir³⁾

^{1, 2)}Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Islam Madura

³⁾Sistem Informasi Fakultas Teknik Universitas Islam Madura

Jl. PP. Miftahul Ulum Bettet Pamekasan

e-mail: miftahul.walid@uim.ac.id ¹⁾, surifatulh@gmail.com ²⁾, bakir@uim.ac.id ³⁾

ABSTRAK

Dalam penelitian ini teknologi Wireless Sensor Networks (WSN) digunakan untuk memantau kondisi sawah tadah hujan secara realtime, data yang dipantau antara lain kelembaban tanah, suhu dan kelembaban udara. Adapun proses pengambilan data di lapangan, sensor digunakan dan diintegrasikan dengan mikrokontroller, sensor berfungsi untuk mengambil data, kemudian dikirim dan disimpan di firebase's cloud dengan menggunakan komunikasi wireless yang telah dikoneksikan ke jaringan internet, selanjutnya data yang disimpan tersebut ditampilkan ke aplikasi berbasis android. Dari hasil percobaan selama tiga hari, sistem mampu melakukan perekaman data secara realtime dengan pengaturan waktu 15 menit dalam satu proses perekaman, sedangkan rentang nilai hasil perekaman sensor, untuk soil moisture dihasilkan rentang nilai antara 31% - 76 % pada hari pertama, 45%-75% pada hari ke dua, 51%-56% pada hari ke tiga, untuk humidity antara 40%-84% pada hari pertama, 24%-95% pada hari ke dua, 52%-94% pada hari ke tiga, sedangkan untuk temperature 26 °C -370 °C pada hari pertama, 21 °C -43 °C pada hari kedua, 23 °C -29 °C pada hari ketiga.

Kata Kunci: *Wireless Sensor Networks, Sistem Pemantauan, Firebase's Cloud, Android*

ABSTRACT

In this research, Wireless Sensor Networks (WSN) technology is used to monitor rainfed conditions in real time, the data monitored include soil moisture, temperature and humidity. As for the process of collecting data in the field, sensors are used and integrated with a microcontroller, sensors function to retrieve data, then sent and stored on firebase's cloud by using wireless communication that has been connected to the internet network, then the stored data is displayed to the android application. From the experimental results for three days, the system has been able to record real-time data with the timing of 15 minutes in the recording process, while the range of sensor recording results, for soil moisture values obtained range between 31% - 76% on the first day, 45% -75% on the second day, 51% -56% on the third day, for humidity between 40% -84 % on the first day, 24% -95% on the second day, 52% -94% on the third day, while for temperatures 26 °C -37 °C on the first day, 21 °C -43 °C on the second day, 23 °C -29 °C on the third day .

Keywords: *Wireless Sensor Networks, Monitoring system, Firebase's Cloud, Android*

I. PENDAHULUAN

PERTANIAN merupakan salah satu penopang perekonomian Indonesia dimana sebagian besar rakyat Indonesia berprofesi sebagai petani. Untuk menciptakan swasembada pangan di era digital, internet dan big data atau disebut sebagai era revolusi industri 4.0 dan *Society 5.0*, maka perlu adanya pengembangan dan integrasi teknologi, sehingga akan menghasilkan teknologi baru di sektor pertanian, dalam penelitian ini dilakukan pengembangan dan integrasi teknologi informasi dan teknologi (TIK) dengan teknologi pertanian, manfaat yang diharapkan adalah mempercepat perkembangan teknologi smart agriculture di indonesia sehingga bisa bersaing dengan negara yang memiliki sistem pertanian lebih maju. Seperti negara china yang telah mampu mengembangkan *smart agriculture* pada sistem pertaniannya[1].

Teknologi pertanian berbasis digital memiliki potensi besar untuk dikembangkan dalam meningkatkan produktivitas pangan. Salah satunya adalah teknologi pemantauan. Teknologi pemantauan pertanian memang telah banyak dikembangkan, bahkan telah pemanfaatan Artificial Intelegent dan *Internet of Things*[2]. Namun terdapat beberapa masalah, antara lain, setiap daerah memiliki karakteristik atau kondisi alam yang berbeda, seperti struktur, jenis tanah dan ketersediaan air, oleh karena itu dibutuhkan perlakuan dan cara yang berbeda untuk menghasilkan hasil pertanian yang optimal. Dalam penelitian ini objek penelitian adalah lahan sawah tadah hujan yang merupakan salah satu jenis pertanian di Indonesia, pertanian jenis mengandalkan dan bergantung kepada air hujan sehingga diperlukan manajemen yang baik dalam mengatur sistem tanam untuk menghasilkan hasil yang optimal[3]. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memantau lahan sawah tadah hujan dengan memanfaatkan teknologi informasi dan

komunikasi (TIK) khususnya teknologi *Wireless Sensor Networks* (WSN) dengan memanfaatkan kombinasi teknologi sensor, mikrokontroller dan wireless, adapun beberapa sensor yang diintegrasikan untuk mendukung teknologi ini, antara lain ; Sensor DHT 11 yang berfungsi untuk merekam data *temperature* dan *humadity* sedangkan sensor LM393 soil moisture digunakan untuk merekam data kelembaban tanah [4], data yang dihasilkan oleh sensor disimpan pada database secara realtime dengan memanfaatkan teknologi *Firebase's Cloud*[5], dalam penelitian ini juga dikembangkan aplikasi antarmuka berbasis android[6], untuk memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan lahan pertanian dengan Smart Phone, beberapa penelitian tentang sistem pemantauan di bidang pertanian dengan memanfaatkan teknologi WSN telah pernah dilakukan. Di india, penerapan teknologi WSN telah digunakan pada sistem manajemen penyaluran air ke lahan pertanian pedesaan[7], WSN juga digunakan dalam pemantauan kebun apel sehingga diperoleh ketelitian informasi tentang produksi apel di setiap area perkebunan[8], penelitian lain yang telah dilakukan adalah memantau kondisi air sumur dengan memanfaatkan Zigbee sebagai perangkat wireless[9], pemanfaatan teknologi WSN juga dilakukan di kolombia sebagai dasar dalam mengetahui sistem pertanian yang baik untuk petani tomat (*Solanum lycopersicum*) dengan tujuan untuk mentransfer pengetahuan kondisi tanah dan mengurangi dampak perubahan iklim pada tanaman tomat yang akan berpengaruh pada tingkat produktifitas pertanian tomat[10].

Hasil dari penelitian berupa sistem pemantau yang berfungsi untuk memberikan informasi tentang kondisi lahan pertanian tadah hujan, baik dalam bentuk angka maupun grafik, diharapkan dengan informasi tersebut digunakan untuk menganalisa kondisi pertanian serta memberikan kemudahan dan rekomendasi bagi user (petani dan pengusaha pertanian) untuk mengetahui kondisi lahan pertaniannya dan bisa secara cepat mengambil keputusan jika terjadi perubahan signifikan pada kondisi lahan, informasi tersebut juga diharapkan menjadi bahan studi untuk pengembangan teknologi lebih lanjut.

Penelitian ini merupakan penelitian awal, dan akan dikembangkan lebih lanjut pada penelitian selanjutnya, sehingga menghasilkan sistem pemantauan yang lebih baik dan memberikan hasil yang teliti, sistem hanya berupa prototipe yang perlu diuji dan dianalisa akurasi dan ketahanannya jika digunakan pada kondisi real. Perlu juga dilakukan uji dan analisa jangkauan dan kekuatan sinyal dari alat yang digunakan pada sistem komunikasi *wireless* pada sistem WSN sehingga akan menghasilkan rekomendasi tentang alat yang paling

cocok dan optimal yang sesuai dengan kondisi dan struktur lahan sawah tadah hujan.

II. STUDI LITERATUR

A. *State of The Art*

Penelitian tentang sistem pemantauan menggunakan teknologi WSN pernah dilakukan oleh Shuraira Khan pada tahun 2016 Tujuan dari penelitian adalah untuk mengembangkan model berbasis WSN yang akan membantu memantau permukaan atau level air sumur menggunakan perangkat jarak jauh. Selain itu, solusi ini akan membantu mengendalikan sensor dari lokasi yang jauh. Penelitian juga mengusulkan desain prototipe dan implementasi jaringan WSN dengan menggunakan Texas Instrument kita CC2530ZNP yang murah dan mampu menunjukkan respons runtime. Sistem pemantauan jarak jauh ini menggunakan beberapa sensor dalam kombinasi gateway untuk mengumpulkan data dengan perangkat jarak jauh lainnya. Integrasi dari basis data dan server web, sistem ini mampu memberikan informasi real-time dan tren dinamika level air di berbagai lokasi pemantauan. Data dapat dikumpulkan dan dianalisis kapan saja melalui internet untuk mengetahui status saat ini dan perubahannya[9]

Penelitian oleh Mohd Kassim, menyajikan teknologi WSN sebagai cara terbaik untuk memecahkan masalah pertanian terkait dengan optimalisasi sumber daya pertanian, sistem pendukung keputusan, dan pemantauan lahan. Sistem yang dibangun memberikan informasi real-time tentang tanah dan tanaman sehingga akan membantu petani membuat keputusan yang tepat. Dengan menggunakan prinsip-prinsip dasar Internet dan teknologi WSN, dalam penelitian ini juga, sistem pertanian berdasarkan teknologi *internet of things* (IOT) dijelaskan secara rinci terutama pada arsitektur perangkat keras, arsitektur jaringan, dan kontrol proses perangkat lunak dari sistem irigasi. Perangkat lunak memonitor data dari sensor dengan cara melakukan umpan balik dan mengaktifkan perangkat kontrol berdasarkan nilai ambang batas. Implementasi WSN diharapkan akan mengoptimalkan penggunaan pupuk air dan juga memaksimalkan hasil panen[11].

Penelitian lain yang melakukan pengembangan aplikasi WSN di bidang pertanian, dilakukan oleh mare srbinovska, WSN digunakan untuk memonitoring di green house sayuran lada. Secara khusus, penelitian ini menyajikan pengaturan eksperimental dan hasil awal dari bagian aplikasi yang digunakan untuk pengukuran data dan pengumpulan data serta konsep awal untuk meningkatkan sistem pemantauan. Arsitektur yang diusulkan dirancang untuk meningkatkan kualitas dalam produksi pertanian dan akan mengurangi biaya pengelolaan pertanian. Parameter lingkungan seperti suhu, kelembaban dan penerangan dipantau dan

dikendalikan untuk memberikan informasi kondisi tanaman yang optimal. Sistem WSN yang disajikan terdiri dari beberapa sensor dan stasiun pangkalan, keduanya digunakan untuk pengukuran, pengumpulan dan menganalisis data, stasiun pangkalan akan membuat keputusan sesuai dengan tugas yang dilakukan. Dengan kata lain, aplikasi WSN dalam penelitian ini akan memungkinkan pengguna melakukan irigasi dan mengatur kecepatan kipas dengan panduan sistem pakar. Oleh karena itu, para petani akan dapat meningkatkan produksi dan kualitas yang berkaitan dengan pertumbuhan produk dan mengambil langkah-langkah manajemen yang tepat[12].

Penelitian lain khususnya pembahasan sistem irigasi pertanian juga pernah dilakukan pada tahun 2018, penelitian ini dirancang untuk menghidupkan pompa air dimana perintah tersebut dilakukan oleh mikrokontroler berdasarkan data yang dihasilkan oleh sensor kelembaban dan temperatur, mikrokontroler diintegrasikan dengan komunikasi Wifi sebagai alat komunikasi dengan sistem aplikasi yang telah dibangun, modul Wifi yang digunakan adalah ESP8266, sedangkan sistem aplikasi yang dibangun menggunakan web programing, energi untuk menjalankan sistem telah menggunakan baterai dimana proses pengisian daya telah menggunakan solar panel[13].

B. Wireless Sensor Networks

Wireless Sensor Networks (WSN) adalah teknologi yang sangat populer pada dekade ini. WSN adalah sistem di mana antar satu node dengan node yang lain bisa melakukan kontak dan bertukar data. Selain itu WSN adalah teknologi pengiriman data yang murah, cepat dan berkualitas tanpa biaya dan kekacauan kabel. WSN dapat digunakan di banyak bidang, antara lain digunakan di rumah pintar, dalam sistem pelacakan, di bidang pertanian, di bidang militer, di bidang lingkungan dan banyak lagi. Salah satu yang paling penting dari ini adalah implementasi di lingkungan[14].

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam penelitian menggunakan metode kuantitatif dan eksperimental, untuk proses pengumpulan data menggunakan metode survey dan observasi lapangan, sedangkan analisis data menggunakan metode statistik sederhana dan simulasi. Tahapan penelitian terdiri dari studi literatur, analisis kebutuhan, desain prototype, perancangan alat, uji coba prototype, hasil dan kesimpulan.

A. Analisa Kebutuhan

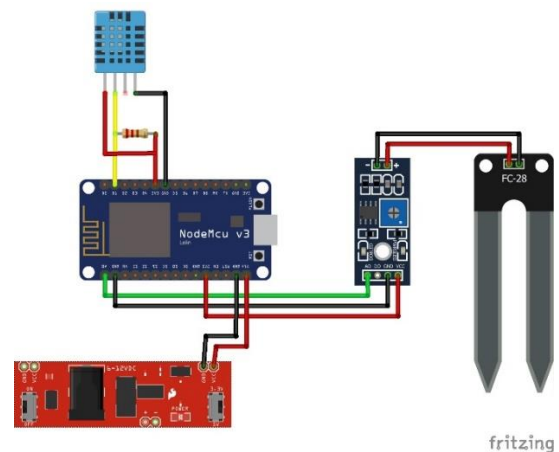
Analisa kebutuhan dilakukan untuk menyiapkan segala kebutuhan yang diperlukan untuk membangun sistem, analisa kebutuhan ini lebih cenderung pada analisa kebutuhan alat dan sistem, untuk kebutuhan

alat antara lain; 1) Node MCU ESP8266, 2) DHT11, 3) *Soil moisture*, 4) *Access Point*, 5) adaptor 5volt. Sedangkan untuk kebutuhan sistem antara lain; 1) *Firebase's Cloud* 2) Arduino, 3) Android Studio, 4) *Internet*.

B. Desain Prototype

Gambar 1. menjelaskan tentang desain prototype komunikasi mikrokontroler (Nude MCU ESP8266) dengan module sensor (DHT 11, Modul *Soil moisture*) dan *Power Conditioning*.

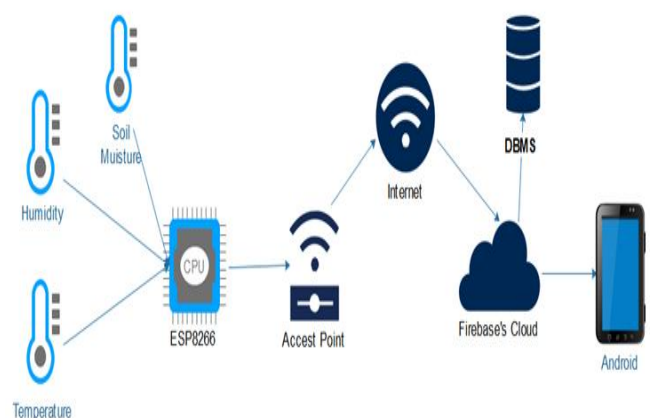
Modul *Soil moisture* menggunakan chip LM393 digunakan untuk merekam data kelembaban tanah, kelembaban tanah merupakan perbandingan antara persentase air dengan tanah. Untuk modul DHT 11 digunakan untuk merekam data suhu dan kelembaban udara, sedangkan untuk *Power Conditioning* digunakan untuk mengatur arus yang digunakan pada mikrokontroler.



Gambar 1. Desain prototype komunikasi sensor dengan ESP8266.

C. Perancangan Sistem

Gambar di bawah ini menjelaskan tentang perancangan sistem komunikasi antar perangkat.

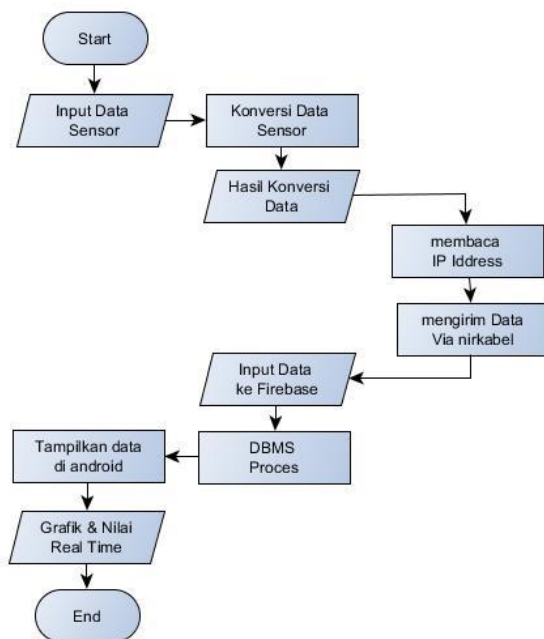


Gambar 2. Perancangan Sistem Pemantauan.

Terdapat beberapa alat yang dibutuhkan dalam membangun sistem pemantauan antara lain sensor yang terdiri dari 2 jenis sensor yaitu sensor *soil moisture*

dengan Chip LM393 dan sensor *humidity* dan *temperature* dengan memanfaatkan DHT 11, sensor dikoneksikan dengan mikrokontroler dalam hal ini memanfaatkan NodeMCU ESP8266 yang telah dilengkapi dengan teknologi WIFI untuk melakukan komunikasi nirkabel, *Access Point* berfungsi sebagai jembatan komunikasi antara NodeMCU ESP8266 dengan internet. *Firebase's Cloud* berfungsi sebagai tempat penyimpanan data hasil dari perekaman yang dilakukan oleh sensor, data tersebut kemudian diatur sehingga data akan terekam secara realtime dalam *Firebase's Cloud*. Sistem Android dalam penelitian ini berfungsi sebagai tempat menampilkan informasi dari *Firebase's Cloud*, informasi yang ditampilkan berupa nilai sensor dan grafik hasil perekaman yang berjalan secara realtime, update informasi pada layar diatur per ¼ jam.

Sistem pemantauan pertanian tadah hujan, data yang direkam antara lain data suhu, kelembaban udara dan kelembaban tanah. Data dari lingkungan yang masih berupa sinyal analog dikonversi ke sinyal digital, hasil konversi data tersebut dikirim memanfaatkan jaringan nirkabel yang terkoneksi dengan internet. Dalam penelitian ini komunikasi mikrokontroler NodeMCU ESP8266 memanfaatkan jaringan internet sehingga bisa memasukkan data ke *Firebase's Cloud*, yang berfungsi untuk mengatur data yang akan ditampilkan pada sistem android, komunikasi antar keduanya menggunakan memanfaatkan Api Key yang telah disediakan di *Firebase's Cloud*. Data dalam sistem android ditampilkan dengan grafik dan nilai yang disajikan secara *real time*.



Gambar 3. Flowchart manajemen aliran data sensor.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan percobaan di lapangan, percobaan sistem dilakukan selama 3 hari berturut turut

dengan melakukan delay pada malam hari, perekaman data sensor dimulai pada jam 07.00 WIB pagi sampai dengan jam 19.00 WIB dengan jeda waktu 15 menit per data, berikut merupakan hasil perekaman data yang dihasilkan.

Tabel 1. Nilai maksimum, minimum dan rata-rata hasil rekaman sensor hari ke - 1.

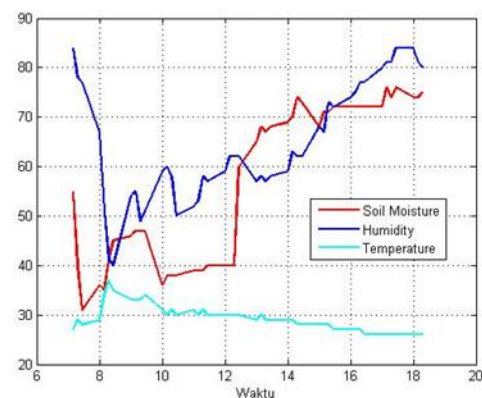
	Soil moisture	Humidity	Temperature
Max	76%	84%	37 °C
Min	31%	40%	26 °C
Average	57%	65%	29 °C

Tabel 2. Nilai maksimum, minimum dan rata-rata hasil rekaman sensor hari ke - 2.

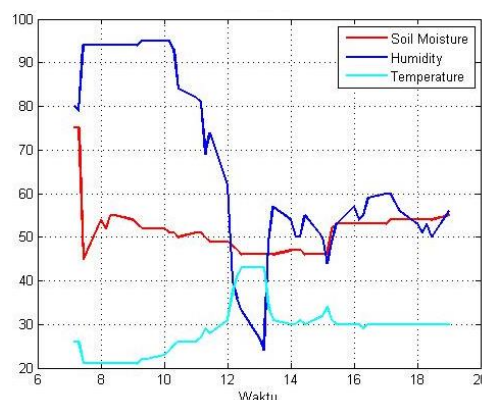
	Soil moisture	Humidity	Temperature
Max	75%	95%	43 °C
Min	45%	24%	21 °C
Average	51%	65%	29 °C

Tabel 3. Nilai maksimum, minimum dan rata-rata hasil rekaman sensor hari ke - 3.

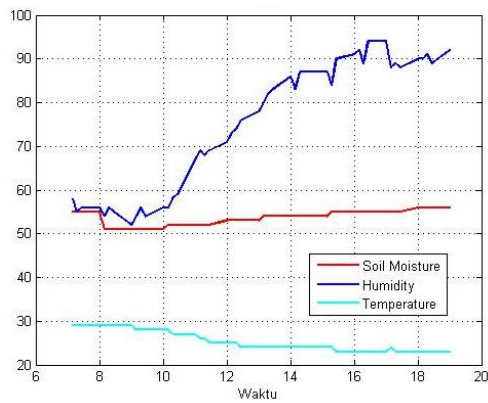
	Soil moisture	Humidity	Temperature
Max	56%	94%	29 °C
Min	51%	52%	23 °C
Average	54%	75%	25 °C



Gambar 4. Hasil perekaman hari ke -1.

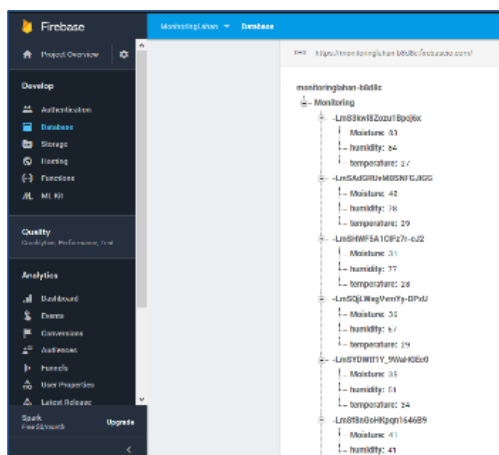


Gambar 5. Hasil perekaman hari ke -2.



Gambar 6. Hasil perekaman hari ke -3.

Pada tabel 1, 2 dan 3 ditampilkan data hasil perekaman kelembaban tanah dengan rentang nilai 31% – 76% (hari pertama) 45% – 75% (hari kedua) 51% - 56% (hari ketiga). Hasil perekaman data kelembaban udara dengan rentang nilai 40%– 84% (hari pertama) 24% - 95% (hari kedua) 52% - 94% (hari ketiga). Hasil perekaman data suhu dengan rentang nilai 260C - 370C (hari pertama) 210C - 430C (hari kedua) 230C - 290C (hari ketiga). Sensor diatur untuk merekam data dari lingkungan dengan rentang 15 menit/data kemudian dikirimkan ke *firebase's cloud* (Gambar 7) secara *real-time* melalui komunikasi *wireless* dengan memanfaatkan jaringan internet, data sensor kemudian ditampilkan ke *smartphone* (Gambar 8) dengan memanfaatkan aplikasi berbasis Android.

Gambar 7. Tampilan Database dalam *Firestore's Cloud*

Gambar 8. Tampilan data sensor pada Aplikasi berbasis Android

Pada gambar 4, 5 dan 6 dapat dilihat, bahwa data hasil perekaman *soil moisture*, *humidity* dan *temperature*.

Pada hari pertama dapat dilihat grafik hasil perekaman sensor, jika *temperature* turun maka nilai *humidity* naik dan *soil moisture* juga naik. terjadi banyak kesamaan pola grafik dari *soil moisture* dan *humidity*, serta terjadi beberapa persinggungan grafik, pertama adalah antara *temperature* dan *soil moisture* yang terjadi antara jam 8 - 9. persinggungan juga terjadi secara berturut turut antara *humidity* dan *soil moisture* antara jam 8 - 9, 12 – 13 dan 15 – 16. Sedangkan untuk perekaman hari kedua perilaku dari sistem kerja sensor dalam merekam data *humidity* dan *temperature* memiliki pola seperti hari pertama, dimana jika *temperature* tinggi maka *humidity* rendah, namun terjadi penurunan signifikan pada grafik *humidity* dimulai pada jam 10 dan terjadi peningkatan kembali pada jam 13, untuk *soil moisture* lebih cenderung memiliki pola seperti hari pertama, terjadi persinggungan grafik antara *humidity* dengan *temperature* terjadi antara jam 12-14, sedangkan *humidity* dengan *soil moisture* terjadi antara jam 13 – 18. Pada hari ketiga hasil perekaman cenderung lebih stabil dibandingkan dengan hari pertama dan ke dua, terlihat pada grafik yang dihasilkan, pergerakan perekaman data sensor tidak terjadi perubahan secara signifikan dan pada prinsipnya pola grafik yang dihasilkan sama dengan hasil sebelumnya.

V. KESIMPULAN

Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa teknologi *Wireless Sensor Networks (WSN)*, *firebase's cloud* dan aplikasi android bisa dimanfaatkan dalam sistem pemantauan pertanian tadah hujan, WSN telah mampu melakukan perekaman data melalui sensor yang dimiliki dan melakukan transfer ke *firebase* dengan memanfaatkan teknologi nirkabel, teknologi *firebase's cloud* juga telah mampu untuk menyimpan data realtime yang diterima dari sensor, sedangkan aplikasi berbasis android yang dibuat bisa menampilkan data secara realtime yang diambil dari *firebase's cloud*.

Dari hasil percobaan yang dilakukan pada data hasil perekaman, bahwa jika nilai *humidity* tinggi maka nilai *temperature* turun, begitu juga berlaku sebaliknya sedangkan untuk *soil moisture* nilai cenderung berada antara dua variabel lainnya.

Penelitian selanjutnya perlu dilakukan untuk menyempurnakan sistem yang telah dibuat antara lain, perlu adanya analisis sensor yang digunakan dalam sistem WSN untuk mendapatkan sensor yang memiliki akurasi yang lebih baik dari sebelumnya, perlu adanya penambahan sensor baru seperti sensor intensitas cahaya, ph tanah dan lain lain, untuk menambah variabel data yang bisa dianalisis dalam membangun sistem pemantauan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fan TongKe, "Smart Agriculture Based on Cloud

- Computing and IOT,” *J. Converg. Inf. Technol.*, vol. 8, no. 2, pp. 210–216, 2013.
- [2] H. V. Abhijith, D. A. Jain, and U. Adithya Athreya Rao, “Intelligent agriculture mechanism using internet of things,” in *2017 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, ICACCI 2017*, 2017, vol. 2017-Janua, pp. 2185–2188.
 - [3] S. Dwiratna, E. Suryadi, and K. Kamaratih, “Optimasi Pola Tanam Pada Lahan Sawah Tadah Hujan Di Kecamatan Cimanggung Kabupaten Sumedang,” *J. Teknotan*, vol. 10, no. 1, pp. 37–45, 2016.
 - [4] H. Yulindoko and V. A. Wardhany, “Implementasi Monitoring Kelembapan Dan Suhu Tanah Berbasis Wireless Mesh Sebagai Penunjang Peningkatan Produksi Padi,” *J. Teknol. Inf. dan Terap.*, vol. 4, no. 1, pp. 33–38, 2019.
 - [5] Q. Syadza, A. G. Permana, and D. N. Ramadan, “Pengontrolan dan Monitoring Prototype Greenhouse Menggunakan Mikrokontroler dan Firebase,” in *eProceeding Telkom University Open Library*, 2018, vol. 4, no. 1, pp. 192–197.
 - [6] R. Oktavianus, N. F. Muchlis, J. T. Informatika, F. Teknik, and U. H. Oleo, “Desain Dan Implementasi Sistem Monitoring Kelembapan Tanah Berbasis Android,” in *semanTIK*, 2017, vol. 3, no. 2, pp. 259–268.
 - [7] R. Hussain, J. L. Sahgal, P. Mishra, and B. Sharma, “Application of WSN in Rural Development , Agriculture Water Management,” *Int. J. Soft Comput. Eng.*, vol. 2, no. 5, pp. 68–72, 2012.
 - [8] N. Rajput, N. Gandhi, and L. Saxena, “Wireless sensor networks: Apple farming in Northern India,” in *Proceedings - 4th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks, CICN 2012*, 2012, pp. 218–221.
 - [9] S. Khan, “Wireless Sensor Network based Water Well Management System for precision agriculture,” in *26th International Telecommunication Networks and Applications Conference, ITNAC 2016*, 2017, pp. 44–46.
 - [10] V. M. Juan Núñez, R. Faruk Fonthal, and L. M. Yasmín Quezada, “Design and Implementation of WSN and IoT for Precision Agriculture in Tomato Crops,” in *2018 IEEE ANDESCON, ANDESCON 2018 - Conference Proceedings*, 2018.
 - [11] M. R. Mohd Kassim, I. Mat, and A. N. Harun, “Wireless sensor network in precision agriculture application,” in *2014 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems, CITS 2014*, 2014.
 - [12] M. Srbinovska, C. Gavrovski, V. Dimcev, A. Krkoleva, and V. Borozan, “Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks,” *J. Clean. Prod.*, vol. 88, pp. 297–307, 2015.
 - [13] S. Patil, R. Shelke, and A. Kadam, “Irrigation Automation Using IoT,” no. 12, pp. 179–182, 2018.
 - [14] Y. Nishikawa *et al.*, “Design of stable wireless sensor network for slope monitoring,” in *WiSNet 2018 - Proceedings 2018 IEEE Topical Conference on Wireless Sensors and Sensor Networks*, 2018, vol. 2018-Janua, pp. 8–11.