

Sistem Monitoring Kelembaban Tanah pada Tanaman Tebu (MONTABU) Berbasis IoT

**Abdullah Hilman¹, Dirga Putra Wijaya², Banta Saidi, Almira Budiyanto^{3*},
Sisdarmanto Adinandra⁴**

^{1,2,3,4,5} Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

*Corresponding E-mail: almira.budiyanto@uii.ac.id

ABSTRAK

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor terpenting bagi perekonomian di Indonesia. Guna memastikan hasil panen yang baik, berbagai indikator harus dijaga dengan baik salah satunya adalah kondisi tanah pertanian. Kelembaban tanah merupakan salah satu parameter penting yang perlu dipantau dan merupakan indikator yang paling mudah untuk menggambarkan kondisi tanah. Tanaman tebu merupakan salah satu dari berbagai jenis tanaman yang cukup sensitif terhadap kelembaban tanah. Tanaman tebu memerlukan tingkat kelembaban tanah yang berbeda-beda pada setiap fase penanaman. Oleh karena itu, sistem MONTABU (*monitoring* kelembaban tanah tanaman tebu) dibuat untuk membantu memonitoring kelembaban tanah tanaman tebu sehingga meningkatkan keberhasilan hasil panen. sistem MONTABU dirancang dengan berbasis IoT (*Internet of Things*), sehingga pemantauan dapat dilakukan tanpa terbatas ruang dan waktu. Selain itu, sistem MONTABU di rancang menggunakan sumber daya menggunakan *photovoltaic* dari cahaya matahari, sehingga sumber daya dapat diperbaharui terus menerus. Secara umum, kerja dari sistem MONTABU adalah sensor kelembaban tanah membaca pengukuran besar kelembaban dari tanah di perkebunan tebu kemudian diolah pada mikrokontroler lalu mengirimkan hasil pengukuran tersebut melalui SMS pengguna dan aplikasi *android*. Pengujian diuji dalam 7 hari di kebun tebu Maredan, Berbah, Sleman. Sistem akan mengukur kelembaban satu hari sekali pada pagi hari, dengan nilai hasil kelembaban rata-rata 70%. Perangkat prototipe ini dapat dipasang diluar ruangan dan dapat mengirim pesan secara *real time*. Hasil dari sistem MONTABU telah berhasil mengukur dan mengirimkan notifikasi kelembaban tanah dengan keberhasilan 100% melalui SMS dan dapat dipantau *real time* menggunakan IoT. Dampak masalah sosial dan lingkungan pada MONTABU cukup mempengaruhi performa sistem, karena terjadi pengrusakan oleh manusia dan hewan pengerat.

Kata Kunci: *pertanian, photovoltaic, sensor*

ABSTRACT

The agricultural sector is one of the most critical sectors of the economy in Indonesia. To ensure good harvests, various indicators must be appropriately maintained, one of which is the condition of agricultural land. Soil moisture is one of the essential parameters that need to be monitored and is the most straightforward indicator to describe soil conditions. Sugarcane is one of the various types of plants that are pretty sensitive to soil moisture. Sugarcane plants require different levels of soil moisture at each planting phase. Therefore, the MONTABU system (monitoring soil moisture for sugarcane) was created to help monitor soil moisture for sugarcane plants to increase the success of harvesting. The MONTABU system is designed based on IoT (Internet of Things) so that monitoring can be carried out without being limited by space and time. In addition, the MONTABU system is designed to use a photovoltaic power source from sunlight so that the resource can be renewed continuously. In general, the work of the MONTABU system is that the soil moisture sensor reads large measurements of moisture from the soil in sugarcane plantations and then

processes it on a microcontroller and then sends the measurement results via SMS to the user and the android application. The test was held in 7 days in the sugarcane plantation of Maredan, Berbah, Sleman. The system will measure humidity once a day in the morning, with an average humidity value of 70%. This prototype device can be installed outdoors and can send messages in real-time. The results of the MONTABU system have succeeded in measuring and sending soil moisture notifications with 100% success via SMS and can be monitored in real-time using IoT. The impact of social and environmental problems on MONTABU is quite affecting the system's performance due to destruction by humans and rodents.

Keywords: agriculture, photovoltaic, sensors

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alamnya, salah satu yang menonjol adalah hasil bumi atau pertaniannya. Sektor pertanian merupakan penyumbang perekonomian masyarakat Indonesia yang paling besar, hal ini dikarenakan sebagian besar masyarakat Indonesia bekerja di sektor pertanian. Indonesia memiliki hasil bumi melimpah karena kualitas tanah yang dimilikinya. Semakin bagus kualitas tanahnya pasti semakin meningkat juga hasil pertaniannya. Pada bidang pertanian terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi hasil pertaniannya seperti kondisi tanah, udara, dan air untuk menunjang pertanian tersebut berdasarkan tanaman yang ditanam. Kondisi tanah merupakan penunjang yang vital untuk diperhatikan karena setiap tanaman tidak selalu cocok dengan kondisi tanah untuk tanaman lainnya. Hal yang membedakan kondisi tanah sendiri bisa dari jenis tanah, kelembaban tanah, pH, dan lain sebagainya yang berdampak pada langkah pengolahan tanah tersebut agar cocok dengan tanaman yang akan ditanam. Parameter yang mudah untuk menilai kondisi tanah yaitu dari kelembaban tanahnya karena kelembaban tanah dapat terlihat secara kasat mata dan dapat diukur [1].

Kelembaban tanah sendiri merupakan kandungan air yang terdapat pada tanah. Kelembaban tanah berpengaruh pada pertumbuhan dari tanaman karena mempengaruhi proses fotosintesis yang mengakibatkan perbedaan kandungan yang terdapat dalam tanaman tersebut [2]. Tanaman tebu merupakan salah satu dari berbagai jenis tanaman yang cukup sensitif terhadap kelembaban tanah. Tanaman tebu memerlukan tingkat kelembaban tanah yang berbeda-beda pada setiap fase penanaman. Kasus pada

tanaman tebu yang mana sensitif terhadap kelembaban tanah juga mempengaruhi kandungan dan pertumbuhannya. Untuk mendapatkan hasil panen tanaman tebu yang optimal rata-rata kelembaban tanahnya 70% selama 3 bulan sebelum panen bergantung pada varietas tebu. Dengan nilai kelembaban tanah tersebut kadar gula pada tanaman tebu dapat terjaga dan pertumbuhannya maksimal [3][4].

Berdasarkan hal yang telah diuraikan sebelumnya, hal tersebut membuktikan pemantauan kelembaban tanah penting dilakukan agar hasil panen mencapai tingkat optimalnya. Dengan begitu dibutuhkan alat pemantau kelembaban tanah yang terintegrasi dengan teknologi informasi guna memudahkan proses *monitoring* dan sesuai dengan kebutuhan dari *stakeholder*, dalam hal ini mandor perkebunan tebu. Perangkat keras yang digunakan yaitu Arduino Nano V3 Atmega328P, modul SIM800C V2, dan *Soil Moisture Sensor V1.2*. Selain itu sistem sumber daya diperoleh dari panas matahari menggunakan *Solar Photovoltaic + MPPT charger* [5-9].

Adapun tujuan dari usulan sistem ini adalah untuk memberikan alternatif solusi sistem *monitoring* atau pemantauan kelembaban tanah yang menjadi salah satu faktor penting untuk meningkatkan hasil produksi sektor pertanian khususnya tanaman tebu dengan alat yang tahan terhadap segala cuaca, anti korosi, dan dapat digunakan oleh pengguna dengan lebih mudah. Sehingga, dapat bermanfaat pula sebagai bentuk ketahanan Indonesia dalam mengembangkan teknologi tepat guna untuk sektor perkebunan tebu di Indonesia

II. TINJAUAN PUSTAKA

Tahap observasi dilakukan untuk menentukan spesifikasi komponen yang akan digunakan dalam proyek pembuatan alat yang

dapat *memonitoring* kelembaban tanah untuk tanaman tebu. Untuk menentukan spesifikasi tersebut, dilakukan studi literatur dari beberapa artikel dan survei lebih lanjut ke *stakeholder* agar alat mampu mengakomodasi semua permintaan pengguna. Pada tahap awal observasi, dilakukan dengan mengumpulkan berbagai informasi dari sumber yang berkaitan dengan usulan dan solusi yang akan dirancang sebagai tindak lanjut dari permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya.

Berdasarkan hasil literatur studi dapat dilihat bahwa secara umum jenis sensor yang digunakan tidak tahan terhadap korosi dan jumlah sensor yang digunakan hanya 1 pcs. Untuk transmisi pengiriman data ada beberapa yang menggunakan modul Wifi ESP8266 dan modul GSM [3][4]. Terdapat juga sistem monitoring dengan sistem *hybrid* yang masih dioperasikan oleh manusia [10]. Selain hal tersebut, peneliti perlu melakukan observasi lebih lanjut kepada *stakeholder*. Proses tahapan observasi perlu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan pengguna melalui survei atau observasi langsung ke lokasi guna menentukan kebutuhan dan spesifikasi sistem yang sesuai.

Proses survei diawali dengan melakukan survei langsung di salah satu perkebunan tebu di kawasan Moyudan, Sleman. Namun pada saat pengujian alat, terjadi perubahan lokasi yaitu berpindah ke kebun tebu Maredan, Berbah, Sleman karena izin di Kawasan Moyudan sedang mengalami pemberlakuan pembatasan kegiatan masyarakat (PPKM) akibat pandemi corona. Narasumber wawancara berasal dari seorang *stakeholder* yang bekerja sebagai mandor pada perkebunan tebu tersebut. Setelah mendapatkan beberapa informasi ketika melakukan survei secara langsung di perkebunan, proses wawancara dilanjutkan melalui sosial media dengan mandor tersebut untuk membantu menentukan spesifikasi sistem dan kebutuhan pengguna.

Setelah mendapatkan informasi dari hasil wawancara/survei langsung ke lokasi perkebunan dan beberapa informasi pendukung

lainnya dari beberapa literatur yang dibaca, selanjutnya peneliti menentukan spesifikasi

komponen dan sistem yang akan dikembangkan pada proyek *monitoring* kelembaban tanah pada tanaman tebu berbasis IoT. Daftar spesifikasi sebagai berikut:

1. Bahan-bahan/material yang digunakan tahan di segala cuaca dan anti korosi
2. Alat hanya melakukan pengukuran kelembaban tanah di pagi hari
3. Sistem sumber daya mampu mengantisipasi alat agar tidak kehabisan daya
4. Sensor kelembaban tanah dapat membaca nilai kelembaban dari 0% hingga 100%
5. Hasil pengukuran dikirimkan melalui SMS dan aplikasi *android*. Aplikasi *android* yang dapat menampilkan grafik hasil pengukuran

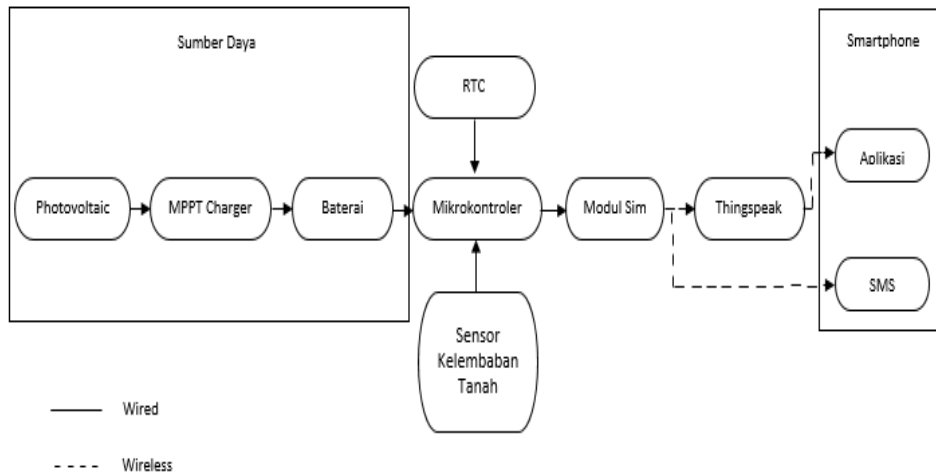
Berdasarkan hasil tinjauan pustaka dan survei, selanjutnya dibuat perancangan sistem yang memenuhi kriteria yang tersebut.

III. METODOLOGI

Sistem ini diberi nama MONTABU. MONTABU dirancang untuk memberikan alternatif solusi sistem *monitoring* kelembaban tanah yang menjadi salah satu faktor penting untuk meningkatkan hasil produksi sektor pertanian khususnya tanaman tebu dengan alat yang tahan terhadap segala cuaca, anti korosi, dan dapat digunakan oleh pengguna dengan lebih mudah.

A. Perencanaan Perancangan Sistem

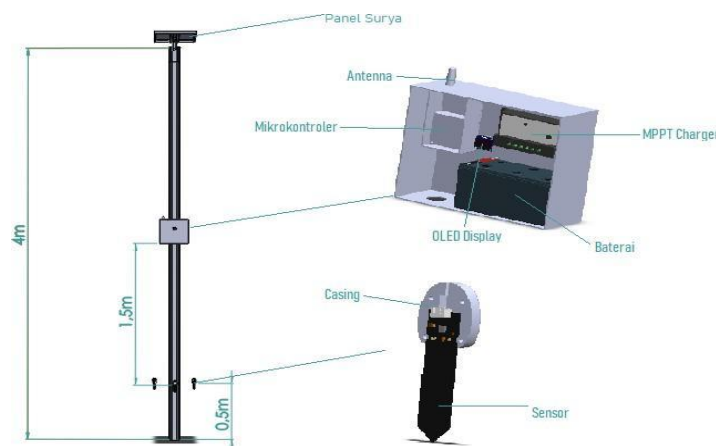
Gambar 1. menunjukkan *flowchart* sistem MONTABU. Perangkat ini dapat dipasang di luar ruangan dan dapat mengirim pesan secara *real time*. Secara umum cara kerja sistem adalah sistem kelembaban ini akan menampilkan hasil pengukuran pada aplikasi, SMS, dan grafik pada aplikasi. Untuk aplikasi yang digunakan merupakan aplikasi yang dibuat menggunakan MIT *app inventor* yang terhubung dengan *Thingspeak*



Gambar 1 : Diagram alur kinerja alat

Perancangan sistem MONTABU diawali dengan penggalian tanah untuk lubang tiang kemudian memasukan tiang ke lubang, memberikan batu pada tiang agar tetap kuat dan tidak mudah roboh, memasang aki ke *controller* selanjutnya menyambungkan kabel *photovoltaic* pada *controller*, PCB sama komponen lain (sensor), kemudian memasang kabel dari *arduino* ke *controllernya*. Pengujian diuji dalam 7 hari di kebun tebu Maredan, Berbah, Sleman. Sistem akan mengukur kelembaban satu hari sekali pada pagi hari, dengan nilai kelembaban

rata-rata 70%. Perangkat ini dapat dipasang di luar ruangan dan dapat mengirim pesan secara *real time*. Sistem kelembaban akan menampilkan hasil pengukuran pada aplikasi, SMS, dan grafik pada aplikasi. Aplikasi dibuat menggunakan MIT app inventor yang terhubung pada *Thingspeak*. *Thingspeak* digunakan untuk membuat grafik hasil pengukuran, kemudian data akan disimpan pada aplikasi *Thingspeak*. Desain sistem MONTABU ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1 : Desain sistem MONTABU

Penelitian sistem MONTABU ini memiliki beberapa tahap, dimana setiap tahap memiliki fungsi masing-masing untuk menyelesaikan sistem. Berikut adalah masing-masing detail dari perancangan sistem:

1. Tiang

Sistem ini menggunakan tiang dengan ketinggian tiang 4m guna menghindari *shading*

pada *photovoltaic* karena tanaman tebu memiliki tinggi mencapai 3-3,5m. Tiang ditanam dengan kedalaman 0,5m dari permukaan tanah.

2. Sensor

Sensor merupakan suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik. Pada tahapan ini

sistem ini sensor akan dibalut dengan *casing* dengan material plastik 3D *print* agar tahan terhadap cuaca untuk menghindari kerusakan.

3. Kotak Panel Listrik

Kotak panel listrik memiliki fungsi yang sangat penting karena berfungsi untuk menjaga keamanan saat terjadinya gangguan dalam aliran listrik, selain itu kotak panel berguna untuk melindungi panel listrik dari kerusakan baik itu yang disengaja ataupun tidak disengaja. Kotak panel listrik ini diletakkan dengan ketinggian 1,5m dari permukaan tanah agar *photovoltaic* dapat memperoleh cahaya matahari dengan maksimal. Karena alat yang dibuat akan diletakkan pada perkebunan tebu yang tidak tersedia sumber daya untuk mengoperasikan alat tersebut maka diperlukan sumber daya dari energi matahari. Sistem sumber daya energi matahari karena dinilai dapat memenuhi kebutuhan alat dengan biaya yang relatif murah dan perawatannya yang lebih mudah.

4. *Photovoltaic*/Panel Surya

Panel Surya merupakan sumber energi terbarukan yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik selama memperoleh cahaya matahari. Sistem menggunakan panel surya atau *photovoltaic* yang berada pada ujung tiang dengan kemiringan yang dapat disesuaikan agar mendapatkan energi yang maksimal.

5. Aplikasi *Android*

Sistem MONTABU tidak hanya menggunakan sistem perangkat keras, namun juga perangkat lunak, maka dalam usulan perancangan ini, peneliti juga melakukan usulan sistem aplikasi yang digunakan. Aplikasi *monitoring* MONTABU ini didesain untuk *smartphone android*. Aplikasi ini menampilkan hasil pengukuran berupa grafik dan angka hasil pengukuran. Aplikasi ini dibuat menggunakan *MIT App Inventor*, aplikasi mengambil data hasil pengukuran dari *google sheet* sebagai *data logger*. Sedangkan grafik hasil pengukuran diambil dari website *Thingspeak* berdasarkan hasil pengukuran alat. Hasil dari pembuatan desain alat yaitu desain 3D dan skematik rangkaian. Desain 3D dibuat dengan menggunakan *SOLIDWORKS* sedangkan skematik rangkaian dibuat menggunakan *Autodesk EAGLE*.

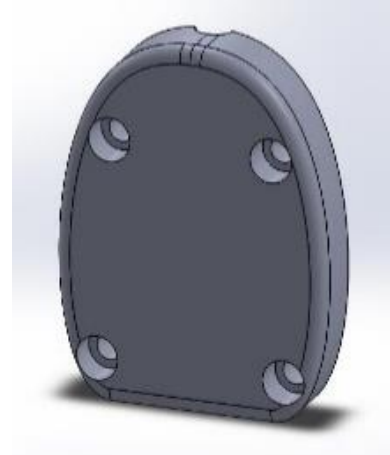
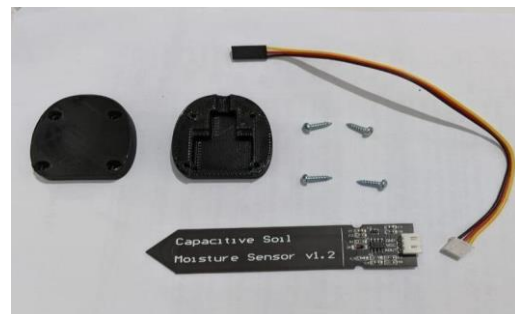
B. Pengujian Rancangan Sistem

Pengujian dilakukan dengan membandingkan prototipe dengan spesifikasi yang telah dibuat sebelumnya. Setelah dilakukan pengujian ternyata spesifikasi ada yang tidak sesuai dengan hasil yang diinginkan sehingga dilakukan perubahan spesifikasi. Perubahan spesifikasi dilakukan dengan memodifikasi prototipe sebelumnya baik komponen maupun algoritmanya. Ada beberapa spesifikasi yang dihilangkan dan sebagian lainnya diganti dengan komponen lain yang memiliki fungsi sama dengan alasan tertentu karena tidak sesuai dengan usulan, maka dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah sistem MONTABU mampu bekerja dengan baik. Pengujian yang dilakukan meliputi berikut:

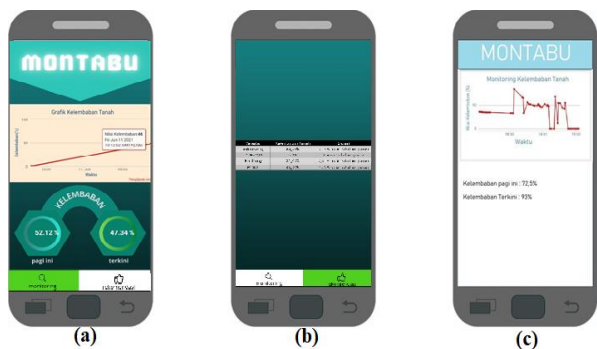
- Merakit komponen pada PCB
- Kalibrasi 3 sensor
- Evaluasi program
- Evaluasi aplikasi
- Persiapan komponen mekanik
- Pengujian sistem

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kesesuaian Perencanaan dan Hasil Perancangan Sistem



Gambar 2: Pelindung sensor



Gambar 3 : Antarmuka Aplikasi *Android*

Gambar 2 dan Gambar 3 secara berturut-turut menunjukkan hasil perancangan penutup sensor kelembaban tanah dan antarmuka aplikasi *android monitoring* kelembaban tanah. Pada bagian antarmuka, terdapat perbedaan pada tampilan namun tidak mengurangi informasi yang ditampilkan.

Terdapat perubahan dari rancangan awal yaitu sumber daya dan penyimpanan daya, untuk mengurangi biaya pembuatan alat dengan mengganti MPPT *controller* menjadi PWM dan mengganti merek baterai dengan spesifikasi yang

sama. Komponen RTC diganti dengan seri yang berbeda karena lebih mudah didapatkan tanpa mengganggu fungsi dari RTC tersebut. Penghubung kabel tahan cuaca tidak diperlukan lagi karena kabel pada alat akan dibuat tanpa adanya sambungan untuk meminimalisir resiko hubung singkat yang disebabkan oleh cuaca. Desain PCB juga berbeda dari perencanaan awal, hal tersebut terjadi karena saat rangkaian diimplementasikan terjadi ketidaksesuaian. Beban yang terlalu besar ditanggung oleh *board arduino* yang menyebabkan tidak stabilnya sistem bekerja, seperti hasil pengukuran yang tidak dapat dikirim sehingga perlu pendesainan ulang untuk jalur dan rangkaian skematiknya. Pada perencanaan, PCB yang digunakan adalah *double layer* sedangkan yang terbaru menggunakan *single layer* untuk menekan biaya produksi. Hasil dari program tersebut belum sesuai dengan kebutuhan. Hasil yang dibutuhkan adalah mengirim hasil pengukuran ke *Thingspeak*, menampilkan hasil pengukuran pada OLED, dan mengirim SMS pada jam 6 pagi.

Tabel 1 : Realisasi biaya pada pembuatan MONTABU

No	Jenis Pengeluaran	Jml	Total Harga	
			Perencanaan	Realisasi
1	Photovoltaic LI-156 50 Watt+ 20A 12 V 24 V Panel Surya +MPPT Charger	1	792,000	360,000
2	Accu Kering VRLA 12V 7,2Ah	1	280,000	162,000
3	DC-DC XL4015 Adjustable Step Down	1	28,000	-
4	ARDUINO NANO V3 ATMEGA328P	1	50,000	42,000
5	Soil Moisture Sensor V1.2	3	90,000	41,550
6	Modul SIM 800C V2	1	236,500	215,000
7	RTC I2C	1	24,000	12,500
8	OLED 0.96 INCH I2C 128X64 DISPLAY MODULE LCD	1	44,000	-
9	Panel Listrik OUTDOOR, Plat 1.2mm	1	192,500	220,000
10	Soket Konektor Kabel Anti Air	1	28,500	-
11	Pipa Galvanis 3 inch 6 meter	1	900,000	-
12	Percetakan 3D Print	100	250,000	-
	Total		2,915,500	1,053,050

Tabel 1. menunjukkan realisasi biaya dalam pembuatan sistem MONTABU. Total biaya saat perencanaan adalah Rp. 2.915.000, namun

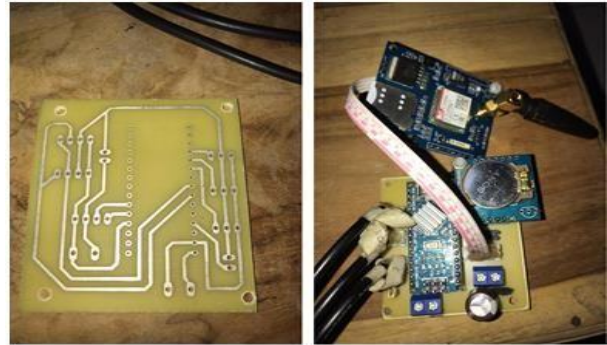
mengalami penurunan karena beberapa komponen dan jasa percetakan telah disediakan oleh pihak kampus. Pengujian prototipe

dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara realisasi dengan perencanaan. Setelah dilakukan pengujian dan konsultasi sehingga ada beberapa spesifikasi yang dihilangkan dan sebagian lainnya diganti dengan komponen lain yang memiliki fungsi sama dengan alasan sebagai berikut:

- OLED dihilangkan karena *board* arduino nano tidak mampu berjalan dengan program untuk 3 sensor, modul SIM, dan OLED sekaligus.
- Soket Konektor Kabel Anti Air untuk penghubung kabel tahan cuaca tidak diperlukan karena kabel pada alat akan dibuat tanpa adanya sambungan untuk meminimalisir resiko hubung singkat yang disebabkan oleh cuaca.
- *Google sheet* dihilangkan karena pada *Thingspeak* dapat mengunduh tabel riwayat pembacaan nilai kelembaban tanah yang telah dilakukan.
- *DC to DC* dihilangkan karena ketika sensor dihubungkan dengan *DC to DC* nilai analog sensor tidak dapat optimal. Oleh karena itu sensor dihubungkan langsung ke *arduino* tanpa menggunakan *DC to DC*.
- Pipa galvanis 3" diganti dengan pipa galvanis 2,5" yang sudah dimiliki sebelum *project* ini berlangsung.
- Biaya cetak *3D print* tidak ada karena menggunakan mesin *3D printer* yang ada di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro.

Setelah melakukan perubahan spesifikasi, dilakukan pengujian pada sistem yang telah

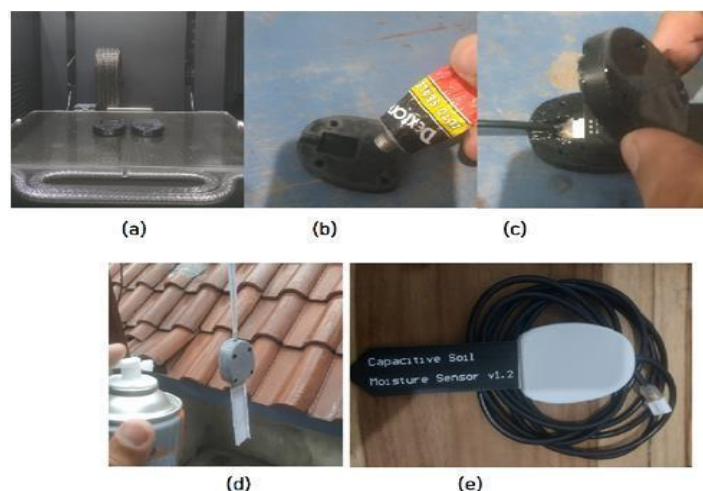
dimodifikasi. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem pendeteksi jatuh dapat bekerja dengan baik. Pengujian ini dimulai merakit komponen pada PCB, kalibrasi sensor, mengevaluasi program, pengujian evaluasi aplikasi, Persiapan komponen mekanik, kemudian melihat algoritma dari sistem MONTABU tersebut.



Gambar 4 : Komponen Elektronik

B. Perancangan Rangkaian Elektronik

Komponen elektronik terpasang di PCB memiliki ukuran 53x60mm yang ditunjukkan pada Gambar 4. PCB yang telah dicetak dipastikan kembali apakah sesuai dengan desain atau tidak. Lalu dilakukan pengetesan jalur menggunakan mode *continuity* pada multimeter untuk memastikan tidak ada jalur yang terhubung singkat. Setelah PCB dinyatakan layak, komponen dirakit pada PCB dengan cara disolder. Komponen pendukung yang digunakan antara lain, yaitu: *pin moxer*, *terminal block*, *pin header*, *jumper pin*, dan *spacer*.

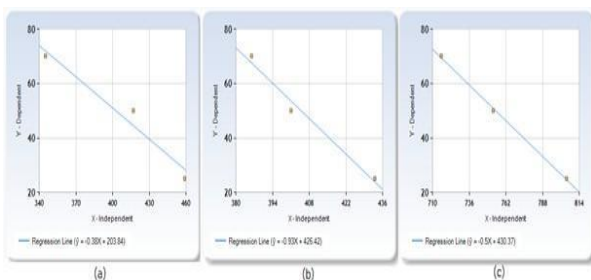


Gambar 5: (a) Proses cetak *3D print* (b) Pemberian *silicone sealer* (c) Perakitan sensor dengan *case* (d) Proses penyemprotan *case* menggunakan *rubber spray paint* (e) Hasil akhir perakitan sensor

Pin molex digunakan untuk menyambungkan komponen yang berada di luar PCB seperti sensor dan modul SIM800C. Sedangkan terminal *block* digunakan untuk menghubungkan PCB dengan sumber daya. Pin header digunakan untuk memasang *arduino nano*, dan modul RTC DS1307. *Jumper pin* digunakan untuk memutuskan atau menghubungkan jalur pada PCB disolder. Pada Gambar 5 (a) merupakan proses cetak 3d Print *case* yang dilakukan di Laboratorium Prodi Teknik Elektro, untuk bahan yang digunakan adalah PLA. Gambar 5 (b) adalah proses pemberian *silicone sealer* yang bertujuan untuk mengisi celah diantara *case* agar sensor lebih tahan cuaca. Gambar 5 (c) merupakan proses perakitan sensor dengan *case* beserta kabelnya. Gambar 5 (d) merupakan proses penyemprotan *case* dengan menggunakan *rubber spray paint* yang bertujuan untuk menutup pori-pori yang terdapat pada *case* agar lebih kedap sehingga tahan cuaca. Gambar 5 (e) merupakan hasil akhir dari sensor yang sudah dirakit dengan *case*.

C. Hasil Kalibrasi Sensor dan Pengukuran Aplikasi Android

Kalibrasi sensor dilakukan menggunakan tanah dengan 3 tingkat kelembaban, yaitu: 25%, 50%, dan 70% yang diukur dengan alat *Soil Moisture Level VT-05*. Gambar 6 merupakan grafik nilai regresi linear dari ketiga sensor yang digunakan. Sensor 1 dan sensor 2 memiliki rentang nilai analog yang mendekati tidak seperti sensor 3. Dengan nilai regresi linier tersebut sudah dilakukan pengujian untuk membandingkan *error* sensor dengan alat *Soil Moisture Level VT-05*. Hasil pengukuran sensor menunjukkan 69,32% sedangkan *Soil Moisture Level VT-05* menunjukkan angka sekitar 70%. Sedangkan Gambar 7 menunjukkan besar pengukuran alat ukur dan pengukuran pada aplikasi *android*.



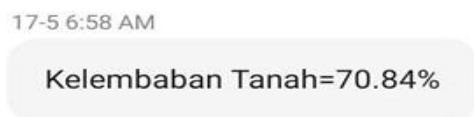
Gambar 6: Regresi Linier Sensor



Gambar 7 : Pembacaan Alat Ukur dan Aplikasi Android

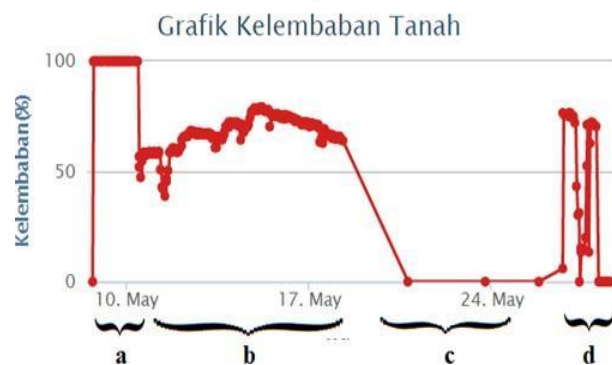
D. Evaluasi Program Notifikasi Aplikasi Android

Hasil dari program notifikasi sudah sesuai dengan kebutuhan. Program dapat mengirimkan data ke *Thingspeak* pada 2 *channel* yang berbeda. Karena untuk menampilkan hasil pengukuran pada pagi hari dan terkini diperlukan setidaknya 2 *channel*. Hal tersebut dikarenakan *MIT App Inventor* tidak dapat membaca 2 hasil pengukuran pada waktu yang berbeda jika hanya menggunakan 1 *channel*, merupakan SMS hasil pengukuran yang dikirimkan dengan menggunakan program pada jam 7 pagi. Notifikasi sms yang dikirimkan pada *smartphone* pengguna ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 8: Notifikasi SMS pada Smartphone pengguna

E. Pengujian Sistem MONTABU



Gambar 9: Grafik selama pengujian

Nilai pada grafik Gambar 9 diambil dari *Thingspeak* pada *channel* pengukuran terkini. Rentang waktu a merupakan pengujian sistem sebelum sensor terkalibrasi. Pada rentang waktu b merupakan pengujian sistem yang dilakukan di Wonosobo selama 8 hari (10-18 Mei 2021). Pada rentang waktu b terdapat 3 data pengukuran yang tidak terkirim mungkin dikarenakan masalah jaringan. Pengujian yang dilakukan yaitu dengan menjemur sistem di terik matahari yang menyebabkan kelembaban tanah menurun selama 11 jam, lalu dengan meletakkan sistem di ruang terbuka yang menyebabkan kelembaban tanah meningkat dan menurun selama 4 hari, serta meletakkan sistem di ruang terbuka beratap yang menyebabkan kelembaban tanah menurun secara perlahan selama 3 hari. Rentang waktu c merupakan uji coba modul SIM800C, karena SIM800C sempat bermasalah. Rentang waktu d merupakan uji coba alat di kebun tebu yang berada di Maredan, Berbah, Sleman.

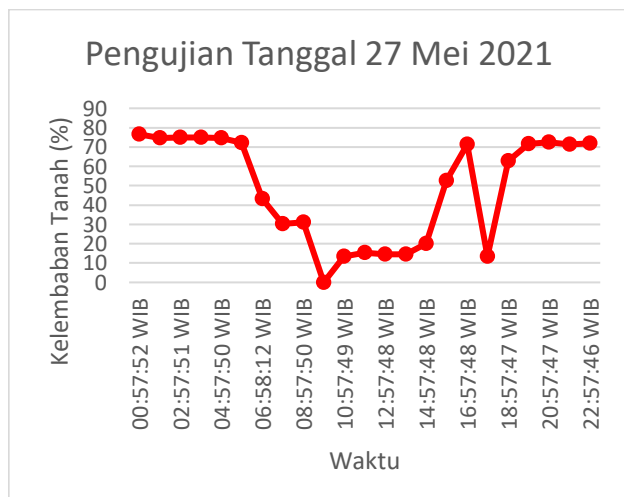
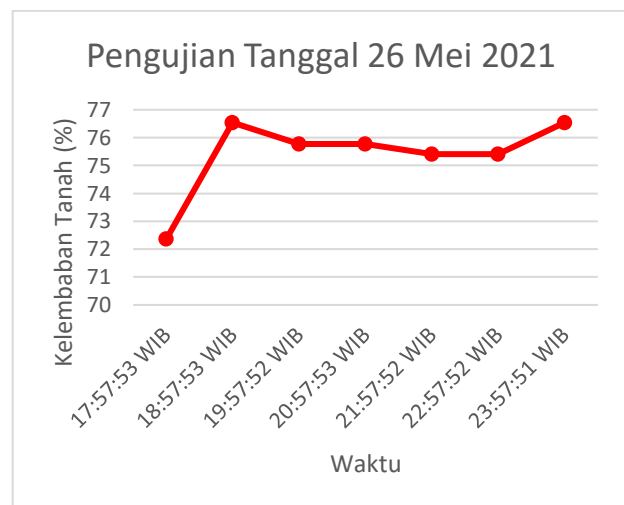


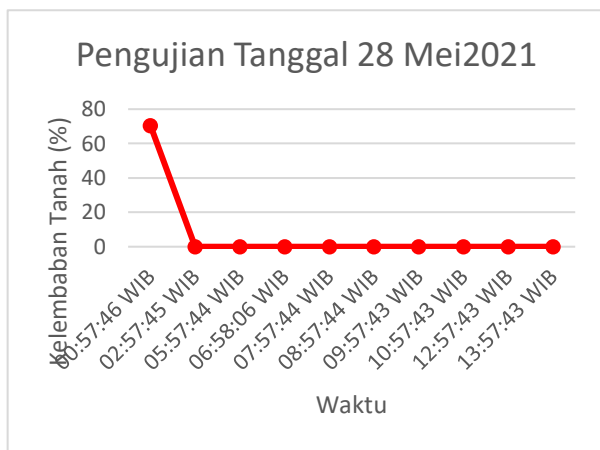
Gambar 10: Pemasangan sistem

Pemasangan sistem pada kebun tebu yang berada di Maredan, Berbah, Sleman dilakukan pada tanggal 24 Mei 2021 selama 90 menit. Proses yang memakan waktu cukup lama yaitu penanaman tiang karena perlu menggali tanah terlebih dahulu. Proses pemasangan dapat dilihat pada Gambar 10. Setelah sistem terpasang, dilakukan pemrograman sistem pada tanggal 26 Mei 2021 untuk pengujian. Grafik setelah pemasangan ditampilkan pada Gambar 11.

Dari Gambar 11, terpantau pembacaan kelembaban mulai tanggal 26 - 28 Mei 2021. Pada tanggal 26 Mei jam 17:57 WIB hingga tanggal 27 Mei jam 05:57 WIB masih terpantau normal dengan pembacaan rata-rata 75,05% yang berstatus basah. Waktu selanjutnya pada tanggal 27 Mei jam 05:58 WIB terjadi penurunan

pada hasil pengukuran yang ditampilkan pada grafik kelembaban tanah. Penurunan yang signifikan tersebut kemungkinan disebabkan oleh gangguan eksternal. Sistem berjalan kembali normal dengan pembacaan rata-rata 15,54% yang berstatus kering dari jam 10:57 hingga 14:57 WIB. Satu jam berikutnya terjadi hujan gerimis di daerah kebun tebu yang menyebabkan nilai kelembaban tanah mengalami kenaikan hingga 71,22%. Namun, sistem kembali mendapatkan gangguan eksternal pada jam 17:57 WIB. Sistem berjalan kembali normal dengan menunjukkan nilai kelembaban tanah rata-rata 70,06% dari jam 18:57 hingga 00:57 WIB. Pada jam 02:57 WIB nilai hasil pengukuran menjadi 0% hingga jam 13:57 WIB yang disebabkan oleh gangguan eksternal yaitu pengrusakan sistem. Bentuk pengrusakan yang dilakukan adalah pemotongan kabel sensor sehingga sistem tidak dapat mengukur nilai kelembaban tanah. Bukti pengrusakan sistem dapat dilihat pada Gambar 12.





Gambar 11 : Grafik Pengujian Sistem



Gambar 12 : Kerusakan pada sensor

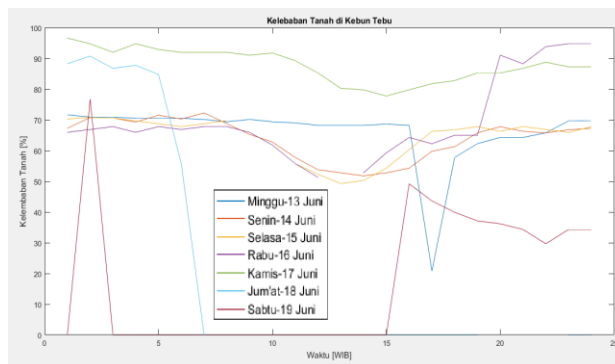
Karena diperlukan pengujian lebih lanjut maka dilakukan modifikasi pada sensor. Modifikasi yang dilakukan adalah penambahan pipa *conduit* agar dapat menghindari kerusakan yang disebabkan hewan pengerat. Bentuk fisik dari modifikasi yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13 : *conduit* pada sensor

Setelah sensor dengan pipa *conduit* terpasang di kebun tebu Mareidan maka pengujian dimulai kembali. Sistem MONTABU menjalani pengujian selama 7 hari dengan

kondisi cuaca yang hampir setiap hari hujan dengan curah hujan yang beragam. Grafik pengujian selama 7 hari dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14: Grafik pengukuran 7 hari

Pada hari Minggu 13 Juni sistem bekerja dengan baik dengan nilai kelembaban 71.66% dan terus menurun karena terkena panas matahari dan air terserap oleh tebu. Namun, terdapat hasil pengukuran yang dirasa tidak sesuai karena nilai menurun terlalu banyak. Pada hari Senin 14 Juni sistem bekerja dengan sangat baik karena nilai kelembaban tanah yang masih dalam rentang yang dekat dan tidak terdapat pengukuran yang tidak terkirim. Kondisi cuaca pada hari tersebut panas terik yang menyebabkan penurunan nilai kelembaban. Pada hari Selasa 15 Juni sistem bekerja dengan cukup baik karena menunjukkan kenaikan hasil pengukuran pada pukul 15.00 karena cuaca pada saat itu hujan rintik. Namun terdapat hasil pengukuran yang tidak terkirim ke *Thingspeak*. Pada hari Rabu 16 Juni sistem bekerja dengan baik karena hasil pengukuran menunjukkan penurunan nilai kelembaban pada pukul 09.00-14.00 karena cuaca cerah lalu menunjukkan kenaikan pada pukul 16.00-00.00 karena cuaca hujan deras yang terjadi di sekitar wilayah D.I. Yogyakarta. Pada hari Kamis 17 Juni sistem bekerja dengan sangat baik karena menunjukkan hasil pengukuran yang rasional karena cuaca pada hari tersebut cerah berawan sehingga penurunan nilai kelembaban tanah terjadi karena air yang diserap oleh tanaman tebu. Pada hari Jum'at 18 Juni sistem tidak bekerja dengan baik karena mayoritas nilai kelembaban tanah yang terukur adalah 0%. Selain itu juga terdapat 3 data yang tidak terkirim ke *Thingspeak*. Hal ini disebabkan oleh pembacaan nilai kelembaban tanah oleh sensor yang kurang baik. Pada hari Sabtu 19 Juni sistem juga tidak berjalan dengan baik karena hanya membaca 1 data nilai

kelembaban tanah yang dirasa sesuai. Selama 7 hari pengujian SMS dapat terkirim setiap harinya. Namun, SMS diterima semakin lebih cepat setiap harinya. Hal ini disebabkan oleh komponen pewaktu yaitu RTC yang kemungkinan memiliki *clock* yang berbeda dengan jam yang sebenarnya. Karena pada program sudah diatur SMS dikirimkan pada pukul 06.59 WIB. Gambar 15 menunjukkan gambar notifikasi SMS yang telah terkirim.



Gambar 15 : Hasil SMS yang diterima pengguna

F. Dampak Implementasi Sistem

1. Teknologi/Inovasi

Sistem yang dibuat memiliki beberapa keunggulan dari sistem yang pernah dibuat sebelumnya. Terlebih karena belum ada sistem yang dibuat khusus untuk penggunaan pada perkebunan tebu yang luas. Contohnya adalah sistem yang dibuat oleh S. A. Nababan yang diperuntukkan pada tanaman cabai, dan sistem tersebut tidak memperdulikan tentang ketahanan terhadap korosi serta sumber daya masih memanfaatkan sumber listrik PLN dengan menggunakan adaptor. Begitu juga sistem yang dibuat oleh W. Sintia, dkk masih menggunakan sumber daya dari listrik PLN dan belum menerapkan konsep IoT serta ketahanan sistem yang rendah karena dapat menimbulkan korosi jika terkena air ketika dipakai di luar ruangan. Selain itu pada sistem yang dibuat oleh H. Husdi yang masih menggunakan sumber daya melalui PC/laptop. Selain itu sistem tersebut tidak ada pengamanan sama sekali terhadap resiko korosi yang akan timbul ketika terkena air, serta hasil pengukuran hanya dapat dilihat melalui *website* yang berarti kurang praktis. Berikut perbandingan yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2: Perbandingan Inovasi dari Penelitian Terdahulu

No.	Perbandingan Berbagai Sistem	Fitur /Komponen	
		Cara Kerja Sistem	Ketahanan Sistem
1	Sistem yang dibuat	<i>Real time</i>	Tinggi
2	Sistem A (S. A. Nababan dkk)	<i>Real time</i>	Rendah
3	Sistem B (W. Sintia dkk)	Tidak <i>real time</i>	Rendah
4	Sistem C (H. Husdi dkk)	<i>Real time</i>	Rendah

2. Sosial

Dengan adanya produk ini dapat membantu *stakeholder* dalam memantau nilai kelembaban tanah pada perkebunan tebunya secara realtime dan lebih praktis karena dapat dipantau melalui mobile apps ataupun SMS yang akan dikirimkan oleh alat. Namun, keberadaan produk ini belum dapat diterima oleh oknum selain *stakeholder* karena dengan adanya pengrusakan yang telah dilakukan. Bentuk

pengrusakan yang dilakukan adalah pemotongan kabel sensor sehingga sistem tidak dapat mengukur nilai kelembaban tanah. Hal ini membuktikan bahwa terdapat pihak yang merasa terganggu atau terancam dengan adanya sistem MONTABU yang terpasang di kebun tersebut.

Berdasarkan keterangan yang diberikan oleh *stakeholder*, sistem MONTABU dirusak oleh hewan pengerat. Namun, jika dilihat kembali dari bekas potongan dari kabel sensor

yang rapi maka pendapat tersebut dianggap meragukan. Pencarian pelaku perusakan tidak dilakukan karena dikhawatirkan hanya akan membuat keributan di daerah tersebut. Setelah itu, dengan mempertimbangkan keterangan dari *stakeholder* maka kabel sensor dilindungi oleh pipa *conduit* sehingga apabila masih terjadi pengrusakan dapat dipastikan bukan hewan pengerat pelakunya.

3. Lingkungan dan Ekonomi

Sistem MONTABU sempat mengalami pengrusakan oleh hewan pengerat pada pengujian kedua. Meskipun sudah diberi pelindung berupa pipa *conduit* dengan bahan PVC, kabel sensor masih terpotong oleh gigitan hewan pengerat. Kerusakan tersebut menimbulkan pembacaan hasil pengukuran yang tidak valid karena nilai kelembaban yang terbaca adalah 0% berturut-turut. Bukti dari kerusakan dapat dilihat pada Gambar 16.

Karena kabel masih dapat terpotong dengan mudah dengan pelindung kabel pipa *conduit* berbahan PVC maka dapat dilakukan penggantian pada pelindung kabel. Dengan menggunakan bahan yang berbeda untuk melindungi kabel diharapkan kabel sensor dapat terlindungi dengan lebih baik. Adapun yang dapat digunakan adalah pipa *conduit* dengan bahan logam, namun dapat menambah biaya produksi alat. Perbedaan biaya yaitu jika pipa *conduit* PVC 5/8” harga per meter Rp.3250, sedangkan metal *conduit* 0,5 per meternya 14.500. Dibutuhkan 6 meter untuk pemasangan sistem MONTABU.



Gambar 16: Bukti pengrusakan oleh hewan pengerat

Selain pelindung kabel, untuk menekan biaya produksi dapat juga mengganti tiang penyangga

tanpa mempengaruhi fungsinya. Namun dengan penggantian tersebut ketahanan sistem dapat berkurang. Tiang penyangga yang tadinya menggunakan bahan galvanis dapat diganti dengan bahan besi yang jelas berbeda tingkat ketahanan korosinya. Sehingga perbedaan harganya terpaut sebesar Rp.317.000,-, yang mana harga pipa besi hanya Rp. 428.000.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan berikut:

1. Sistem MONTABU telah berhasil mengukur dan mengirimkan notifikasi kelembaban tanah dengan keberhasilan 100% melalui SMS dan dapat dipantau *real time* menggunakan IoT.
2. Dampak masalah sosial dan lingkungan pada MONTABU cukup mempengaruhi performa sistem, karena terjadi pengrusakan oleh manusia dan hewan pengerat.

REFERENSI

- [1] J. Martin, E. Susanto, and U. Sunarya, “Kendali pH dan Kelembaban Tanah Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan Mikrokontroler (Arrangement Ph And Humidity Of Soil Based On Fuzzy Logic Using Microcontroller),” *e-Proceeding Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 2236–2245, 2015.
- [2] H. Karamina, W. Fikrinda, and A. T. Murti, “Kompleksitas pengaruh temperatur dan kelembaban tanah terhadap nilai pH tanah di perkebunan jambu biji varietas kristal (*Psidium guajava* l.) Bumiaji, Kota Batu,” *Kultivasi*, vol. 16, no. 3, pp. 430–434, 2018, doi: 10.24198/kultivasi.v16i3.13225.
- [3] E. Nurnasari, “Penentuan Lama Waktu Kelembapan Tanah sebelum Panen yang Memengaruhi Rendemen Tebu (Determination of Soil Moisture Duration before Harvesting that Influences the Sugar Cane Content),” *J. Ilmu Pertan. Indones.*, vol. 24, no. 2, pp. 127–134, 2019.
- [4] P. D. Prof. Ir. Muhajir Utomo, M.Sc., *Ilmu Tanah Dasar-Dasar dan Pengelolaan*. .
- [3] S. Nababan, “*Monitoring Kelembaban Tanah pada Tanaman Cabai Menggunakan Soil Humidity Sensor Berbasis Internet of Things*,” *repositori.usu.ac.id*, 2020.

- [4] W. Sintia, D. Hamdani, and E. Risdianto, “Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Kelembaban Tanah dan Suhu Udara Berbasis GSM SIM900A DAN ARDUINO UNO,” *J. Kumparan Fis.*, vol. 1, no. 2, pp. 60–65, 2018.
- [5] H. Husdi, “*Monitoring* Kelembaban Tanah Pertanian Menggunakan Soil Moisture Sensor Fc-28 Dan Arduino Uno,” *Ilk. J. Ilm.*, vol. 10, no. 2, pp. 237–243, 2018.
- [6] G. Santoso, S. Hani, R. P.-P. Seminar, and undefined 2020, “Sistem *Monitoring* Kualitas Tanah Tanaman Padi dengan Parameter Suhu dan Kelembaban Tanah Berbasis Internet of Things (IoT),” *proceedings.uhamka.ac.id*, vol. 5, p. 2020, 2020.
- [7] M. Sabiran, S. D. T.-C. J. K. dan, and undefined 2018, “Implementasi Wireless Sensor Network Pada Sistem Pemantauan dan Pengontrolan Budidaya Tanaman Pada Rumah Kaca (Green House) Berbasis Website,” *jurnal.untan.ac.id*.
- [10] T. F. Prasetyo, E. A. Frastya, and Enceng Enda S, “Sistem Pendeteksi Kesuburan Tanah Pada Desa Cihaur Kelompok Tani Bina Mandiri,” *Semin. Nas. SINERGI*, pp. 191–198, 2017.