

Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Dengan Metode Hysteris Untuk Proses Pembuatan Pupuk Kompos

Mukhammad Thoifuri Thobroni¹, Hari Kurnia Safitri², Fitri³

Politeknik Negeri Malang

Email: mukhammadfuri@gmail.com, hari.kurnia@polinema.ac.id, fitri@polinema.ac.id

KEYWORDS

Hysterisis,
Temperature
Control,
Pupuk Kompos

ABSTRACT

Household waste is a type of waste produced by daily activities in the household. This waste consists of various types of materials or ingredients that are no longer needed and cannot be reused. Household waste is usually generated from activities such as cooking, eating, cleaning and various other daily activities. Household waste management is an important concern because the volume of waste produced by households is usually quite large and can have a negative impact on the environment if not managed properly. According to SIPSN (National Waste Management Information System) data, the largest source of waste is household waste with a percentage of 38.2% and the largest type of waste is food waste with a percentage of 40.6%. (SIPSN 2022). For this reason, this thesis will focus on making a tool that can process organic waste to become compost starting from the process of chopping the waste, mixing the soil with waste until the process becomes ready-to-use compost. The working principle of this tool is that there is a stirrer which is regulated using an RTC and is driven by a motor which functions to stir the compost media so that it is evenly distributed, then there is a temperature sensor which uses a hysterical method which functions to control the temperature and blower, as well as a humidity sensor which functions to control humidity levels. fertilizer media and water output. By using this tool the process of making compost is 21 days faster than the process without control which takes 30 – 40 days.

KATA KUNCI

Histerisis,
Kontrol Suhu,
Pupuk Kompos

ABSTRAK

Sampah rumah tangga adalah jenis sampah yang dihasilkan oleh kegiatan sehari-hari di rumah tangga. Sampah ini terdiri dari berbagai jenis material atau bahan yang tidak lagi dibutuhkan dan tidak dapat digunakan kembali. Sampah rumah tangga biasanya dihasilkan dari kegiatan seperti memasak, makan, membersihkan, dan berbagai aktivitas sehari-hari lainnya. Pengelolaan sampah rumah tangga menjadi perhatian penting karena volume sampah yang dihasilkan oleh rumah tangga biasanya cukup besar dan dapat berdampak negatif pada lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Menurut data SIPSN (Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional) sumber sampah paling besar adalah sampah rumah tangga dengan presentase sebesar 38,2% dan untuk jenis sampah yang paling besar adalah sisa makanan dengan presentase sebesar 40,6%. (SIPSN 2022). Untuk itu akan berfokus pada

pembuatan suatu alat yang dapat memproses sampah organik untuk menjadi pupuk kompos dimulai dari proses pencacahan sampah, pencampuran tanah dengan sampah hingga proses menjadi pupuk kompos siap pakai. Prinsip kerja alat ini terdapat alat pengaduk yang di atur menggunakan RTC dan digerakkan oleh motor yang berfungsi untuk mengaduk media kompos agar merata, kemudian terdapat sensor suhu yang menggunakan metode histeris yang berfungsi untuk mengontrol suhu dan blower, serta sensor kelembapan yang berfungsi untuk mengontrol kadar kelembapan media pupuk dan keluaran air. Dengan menggunakan alat ini proses pembuatan pupuk kompos menjadi lebih cepat selama 21 hari daripada proses tanpa kontrol yang membutuhkan waktu 30 – 40 hari.

PENDAHULUAN

Sampah organik merupakan jenis sampah yang paling banyak dihasilkan baik dilingkungan rumah tangga ataupun di lingkungan umum, akibatnya sering terjadi penumpukan sampah di tempat pembuangan akhir (TPA) (Siregar et al., 2023). Seringnya dianggap hanya menimbulkan bau tidak sedap dan kurangnya kepedulian untuk mengelola sampah organik (Wadungasih, 2019). Salah satu upaya mengolah sampah rumah tangga seperti melakukan pemilahan sampah untuk daur ulang menjadi pupuk kompos (Ningrum, Khatimah, & Putra, 2022). Kompos adalah hasil penguraian parsial/tidak utuh dari campuran berbagai bahan organik yang dapat dipercepat secara tiruan oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembap, dan aerob atau anaerob. Untuk itu penulis membuat suatu alat dengan metode histerisis yang dapat mengontrol suhu dan kelembapan pada proses pembuatan pupuk kompos (WARDOYO, n.d.).

Penelitian tentang suhu dan kelembapan pada proses pembuatan pupuk kompos berbasis IoT menggunakan sensor DHT - 22 dapat menghasilkan pupuk kompos lebih efisien 2 – 4 minggu (Hardyanti & Utomo, 2019). Adapun penelitian tentang penggunaan arduino sebagai mikrokontroler sebagai pemberi perintah dari sistem, dan mengubah tegangan analog yang keluar dari sensor menjadi bentuk sinyal digital (Pranata, 2019). Terdapat penelitian penggunaan fuzzy logic dengan bantuan metode histeresis yang langsung di aplikasikan pada sistem. Berdasarkan hasil pengujian sistem kendali suhu dan kelembapan udara pada pembibitan tanaman teh, perancangan kontrol pada simulasi dan algoritma pemrograman sudah minim dari eror dengan nilai error rata-rata pada hasil pengujian untuk sensor suhu udara adalah 0,12 dan akurasi sensor mencapai 99,59%, sensor kelembapan udara adalah 0,5625 dan akurasi sensor mencapai 99,16%, serta sensor suhu air adalah 0,3745 dan akurasi sensor mencapai 98,68%. Metode kendali (fuzzy logic control) yang diterapkan pada sistem memiliki nilai kesesuaian 99,98%.

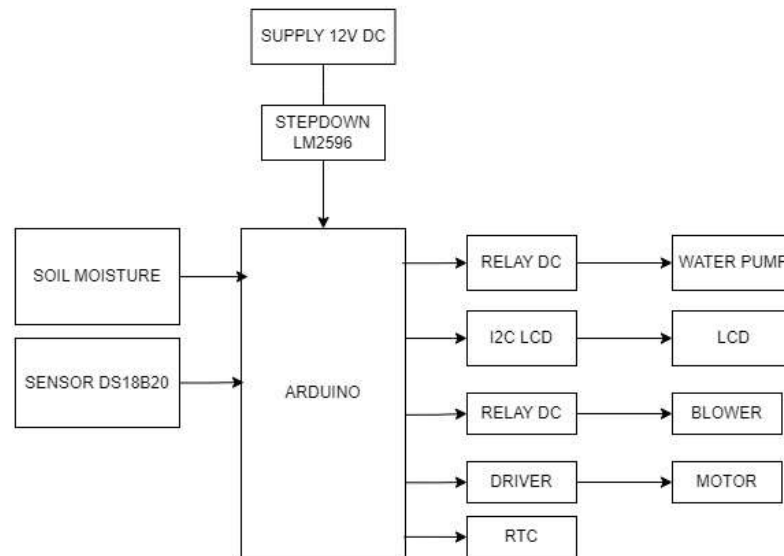
METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dimulai dari desain mekanik yakni desain awal alat , membuat kerangka alat, desain elektronik yaitu mendesain lay out skematik dan pemasangan komponen pada board PCB, desain program pada arduino UNO dan selanjutnya dilakukan pengujian terhadap sensor DS18B20 sebagai sensor suhu menggunakan pembanding thermometer digital. Selain itu juga melakukan pengujian sensor kelembapan dengan pembanding sensor kelembapan konvensional.

Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Dengan Metode Hysteris Untuk Proses Pembuatan Pupuk Kompos

1. Blok diagram

Dalam perencanaan pembuatan alat pengontrol suhu dan kelembapan pada proses pembuatan pupuk kompos diperlukan diagram blok sistem dan diagram blok kontrol agar dapat mengetahui dan memahami prinsip kerja rangkaian secara keseluruhan.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

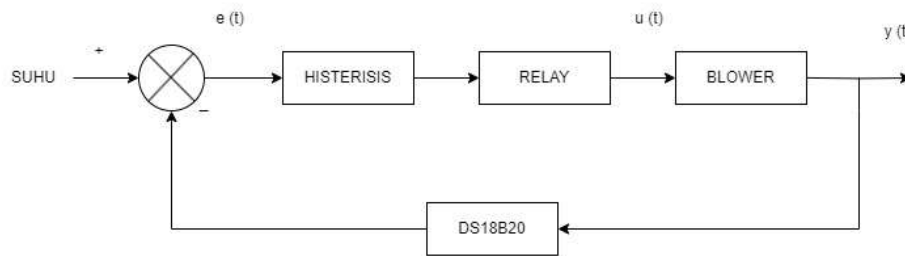
Penjelasan blok diagram pada Gambar 1 yaitu di awali dengan input yang berupa sensor DS18B20 yang berfungsi untuk membaca nilai suhu pada proses pupuk kompos, sensor ini dipilih karena memiliki sifat tahan air dan fleksibilitas yang baik. sensor ini memiliki rentang pengukuran suhu dari mulai -55°C sampai dengan $+125^{\circ}\text{C}$ dengan akurasi kurang lebih $0,5^{\circ}\text{C}$ dari -10°C sampai $+85^{\circ}\text{C}$. Kemudian Sensor Capacitive Soil Moisture v1.2 adalah sensor kelembaban yang dapat mendeteksi kelembaban dalam tanah sensor soil moisture yang berfungsi untuk membaca nilai kelembapan pupuk kompos dan alasan penggunaan sensor ini karena tidak mudah korosi. Untuk proses pembacaan dan pemindahan data menggunakan mikrokontroler arduino UNO. Arduino ini memiliki port atau bagian di dalamnya, seperti pin, mikrokontroler, dan konektor, mikrokontroler ini dipilih untuk digunakan karena memiliki pin ADC lebih banyak daripada mikrokontroler yang lain dan dapat menggunakan bahas C++ untuk pemrogramannya. Untuk proses transfer data dimana proses diawali dengan pengiriman data yang terbaca oleh komponen input, kemudian data masuk pada pin input yang kemudian data terproses pada bagian inti arduino. Data yang sudah terproses pada bagian inti akan dikirim ke komponen output yang berupa aktuator.

Aktuator yang digunakan adalah blower DC yang berjumlah 4 buah dengan fungsi 2 kipas sebagai blower in dan 2 kipas yang lain berfungsi sebagai blower out. dimana sistem kerja kipas ini berhubungan dengan sensor suhu kompos, apabila nilai suhu tidak sesuai setpoint maka relay akan aktif dan kipas aktif sampai nilai suhu memenuhi setpoint Aktuator selanjutnya yaitu water pump yang sistem kerjanya berhubungan dengan sensor kelembapan, water pump berfungsi untuk menyiram pupuk ketika kondisi kelembapan dibawah nilai setpoint maka relay akan aktif dan water pump mengeluarkan air sampai nilai kelembapan mencapai setpoint. Aktuator terakhir yaitu motor DC yang berfungsi sebagai penggerak pengaduk yang digunakan untuk mengaduk pupuk setiap 3 hari sekali dengan kecepatan dan waktu yang telah disetting. Mikrokontroler juga terhubung dengan LCD I2C yang berfungsi sebagai display menu dan informasi untuk proses pembuatan pupuk kompos, LCD ini memiliki ukuran 20 cm x 4 cm. Terdapat RTC untuk menampilkan hari, tanggal dan waktu.

2. Blok diagram kontrol

Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Dengan Metode Hysteris Untuk Proses Pembuatan Pupuk Kompos

Pada proses pengontrolan suhu dan kelembapan pada proses pembuatan pupuk kompos perlu adanya blok diagram kontrol untuk mengetahui proses yang terjadi, seperti pada Gambar 2

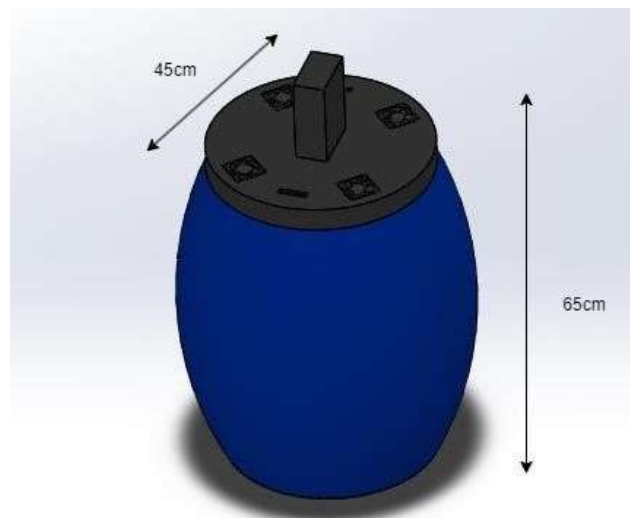


Gambar 2 Blok Diagram Kontrol

Pada Gambar 2 dapat dijelaskan bahwa nilai masukan (setpoint) sistem berupa suhu. Kontroler berupa metode histerisis. driver digunakan untuk mengaktifkan blower & water pump. Water pump berfungsi untuk mengeluarkan air untuk menyiram decomposer dan blower berfungsi untuk menghasilkan angin, kemudian hasil pembacaan oleh sensor soil moisture & DS18B20 dijadikan sebagai feedback dan hasil pembacaan dibandingkan dengan setpoint.

3. Perancangan mekanik

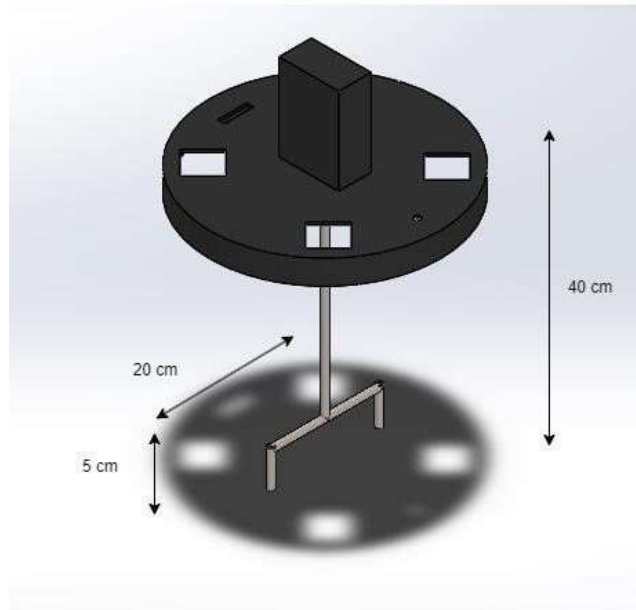
Pada Gambar 3 dibawah merupakan desain mekanik yang akan digunakan untuk proses pembuatan pupuk kompos. Alat ini berupa tong plastik berwarna biru dengan tinggi 65cm dan berdiameter 45cm. Tong ini dapat menampung berat sebesar 60 L atau 60 kg



Gambar 3 Desain Mekanik

Tutup pada tong ini akan di modifikasi seperti Gambar 4, dimana akan terdapat blower dan box elektrik yang sudah terhubung dengan water pump dan motor pengaduk. Untuk pengaduk sendiri terbuat dari stainless steel yang memiliki diameter 1cm dan tinggi 40cm, pada bagian bawah pengaduk akan dibuat berbentuk U dengan tujuan agar saat proses pengadukan pupuk dapat teraduk secara merata.

Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Dengan Metode Hysteris Untuk Proses Pembuatan Pupuk Kompos

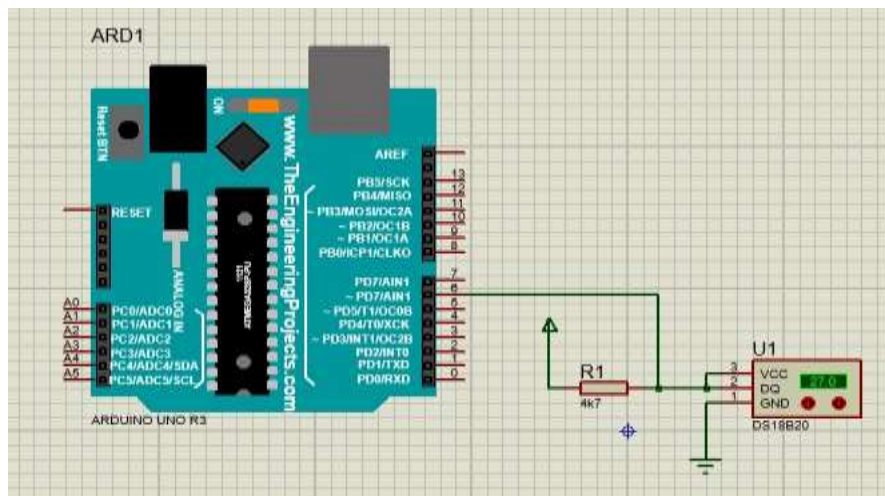


Gambar 4 Desain Pengaduk

4. Perancangan elektrik

Perancangan elektronik yang dibuat adalah rangkaian sensor suhu DS18B20 dan sensor *soil moisture*.

A. Rangkaian sensor suhu DS18B20



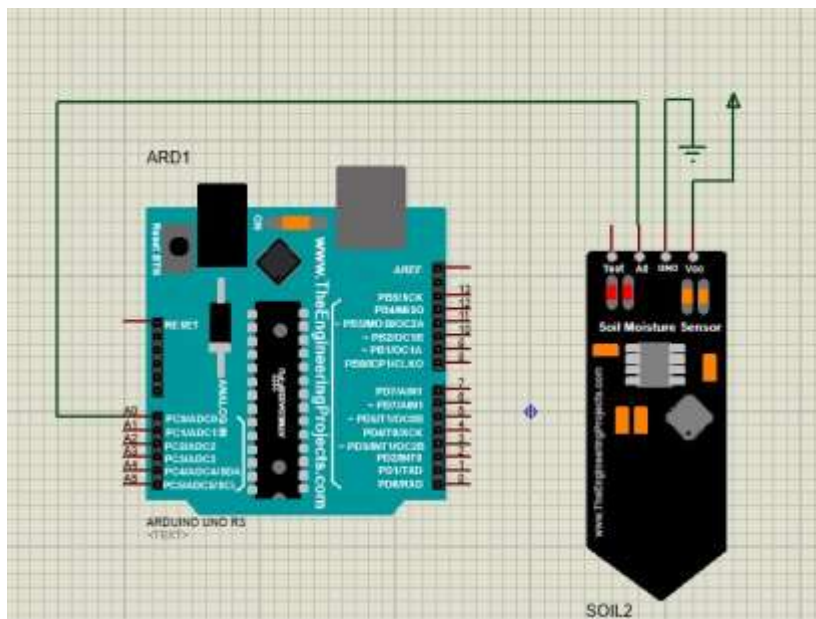
Gambar 5 Rangkaian Sensor DS18B20

Gambar 5 merupakan gambar rangkaian sensor suhu ds18b20. Sensor DS18B20 merupakan sensor yang berfungsi mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan, sensor ini memiliki kelebihan anti air (*waterproof*). Tegangan yang diberikan pada sensor DS18B20 sebesar 5V dengan arus sebesar 60 μ A. sensor ini juga memiliki kemampuan menghasilkan panas (*self heating*) yang bertujuan untuk menghindari kesalahan pembacaan yang rendah yaitu kurang dari 0.5 $^{\circ}$ C pada titik 25 $^{\circ}$ C. Sensor DS18B20 memiliki 3 pin yang akan terhubung dengan mikrokontroler Arduino UNO seperti Gambar 5 dan berikut penjelasannya.

Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Dengan Metode Hysteris Untuk Proses Pembuatan Pupuk Kompos

- Pin VCC terhubung dengan pin 5V pada Arduino
- Pin DQ terhubung dengan pin 6 pada Arduino dan terhubung juga ke resistor $4K7\Omega$. Penggunaan resistor $4K7\Omega$ ini sudah sesuai dengan aturan datasheet dikarenakan sensor DS18B20 menggunakan one wire bus yang dimana komunikasi antara sensor dengan Arduino hanya melalui satu kabel saja, one wire bus memerlukan pull-up untuk menjaga sinyal agar tetap tinggi ketika tidak ada perangkat yang menariknya rendah. Penggunaan $4K7\Omega$ pull – up berfungsi menjaga nilai output data tetap stabil,jika tidak menggunakan pull – up maka keluaran sensor -127°C dan tidak berubah.
- Pin GND terhubung dengan pin GND arduino.
Tegangan keluaran ini dapat diumpankan sebagai input ke rangkaian pengkondisi sinyal seperti rangkaian filter dan penguat operasional, atau terhubung dengan rangkaian lain seperti rangkaian pembanding tegangan Analog to Digital Converter.

B. Rangkaian sensor *soil moisture*.



Gambar 6 Rangkaian Sensor Soil Moisture

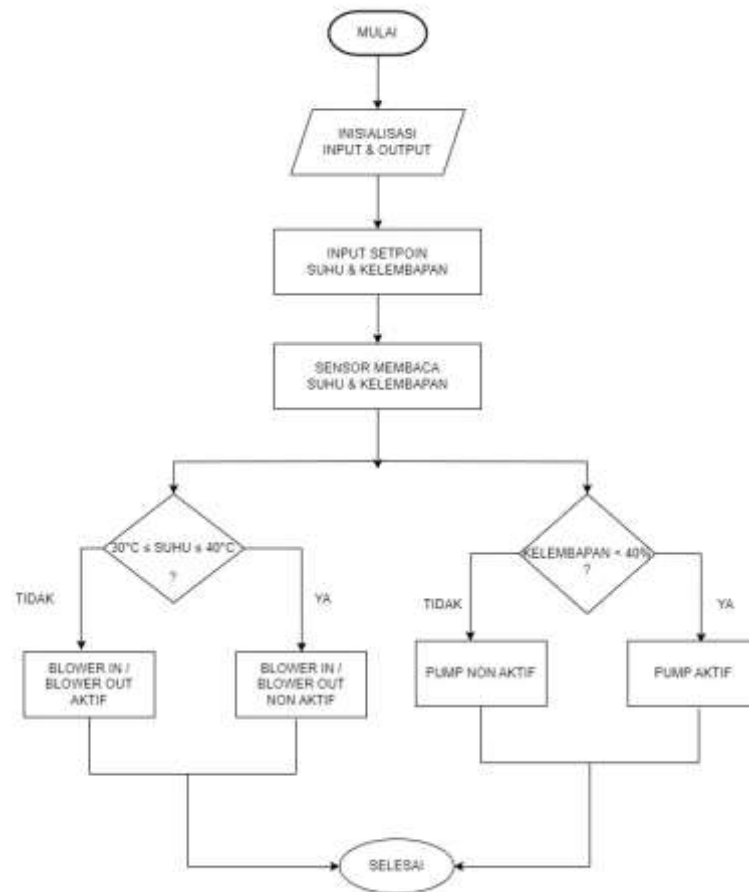
Sensor soil moisture merupakan sensor yang berfungsi untuk membaca nilai kadar kelembapan, pada proses pembuatan pupuk kompos sensor soil moisture berfungsi untuk membaca nilai kadar kelembapan pada bahan proses pembuatan pupuk kompos. Untuk wiring seperti pada Gambar 6. Sensor soil moisture kapasitiv terhubung dengan mikrokontroler Arduino,berikut penjelasan untuk Gambar 6

- Pin VCC terhubung ke VCC 5V arduino.
- Pin A0 pada soil moisture sensor terhubung dengan pin A0 arduino, pin A0 berfungsi untuk menghasilkan analog output. Pin A0 menghasilkan tegangan keluaran analog yang sebanding dengan tingkat kelembapan pupuk, sehingga tingkat yang lebih tinggi menghasilkan tegangan yang lebih tinggi dan tingkat yang lebih rendah menghasilkan tegangan yang lebih rendah.
- Pin GND terhubung dengan pin GND arduino.

5. Flowchart sistem

Pada tahapan penelitian ini merupakan flowchart sistem dari alat, untuk penjelasan mengenai alur pengambilan data suhu dan kelembapan pada proses pembuatan pupuk kompos, untuk alur flowchart. Kerangka konsep tersebut ditampilkan pada Gambar 7 berikut.

Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Dengan Metode Hysteris Untuk Proses Pembuatan Pupuk Kompos



Gambar 7 Flowchart Sistem

Pada Gambar 7 merupakan alur dari sistem pada alat pembuatan pupuk kompos. Di mulai dengan pembacaan suhu pupuk oleh sensor DS18B20 yang memiliki nilai range setpoin $30^{\circ}\text{C} \leq \text{SUHU} \leq 40^{\circ}\text{C}$, apabila nilai pembacaan suhu kurang dari 30°C maka blower in otomatis akan aktif sampai suhu mencapai di nilai 30°C , sedangkan jika nilai pembacaan suhu lebih dari 40°C maka blower in dan out otomatis akan aktif sampai suhu berada di nilai 40°C . Jika nilai pembacaan suhu berada dalam range maka aktuator tidak aktif.

Langkah selanjutnya yaitu pembacaan nilai kelembapan pupuk oleh sensor soil moisture, apabila nilai kelembapan kurang dari 40% maka water pump akan otomatis menyala hingga mencapai nilai 40%. Sedangkan jika nilai kelembapan berada di 40% keatas maka water pump tidak aktif. Apabila nilai suhu dan kelembapan telah selesai pengambilan data maka sistem dapat di non-aktifkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Pengujian Sensor Suhu

OBJEK (AIR)	SENSOR DS18B20 (°C)	TERMOMETER (°C)	ERROR (%)
PANAS	57	58	1,72%
	62	63	1,59%
	64	65	1,54%
HANGAT	41	41	0,00%
	42	41	2,44%
	44	45	2,22%
NORMAL	31	31	0,00%
	32	31	3,23%
	32	31	3,23%
DINGIN	15	14	7,14%
	11	12	8,33%
	9	9	0,00%
RATA – RATA EROR			2,62%

Didapatkan nilai rata – rata eror pada Tabel 1 dengan nilai sebesar 2,62% yang dapat disimpulkan bahwa nilai tersebut berada di bawah nilai maksimum rata -rata eror yaitu 5%. Maka dengan ini sensor DS18B20 dapat digunakan menjadi alat ukur suhu pada proses pembuatan pupuk kompos.

Tabel 2. Pengujian Sensor Soil Moisture

OBJEK (TANAH)	SENSOR SOIL MOISTURE (%)	ALAT UKUR KONVESIONAL (%)	ERROR (%)
KERING	19	21	11%
	20	18	5%
	23	20	0%
LEMBAB	30	32	7%
	36	37	3%
	40	42	5%
BASA	51	50	0%
	52	54	4%
	54	60	2%
RATA – RATA EROR			4%

Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Dengan Metode Hysteris Untuk Proses Pembuatan Pupuk Kompos

Nilai setelah rata – rata eror diatas yaitu 4% seperti pada Tabel 2 yang dapat disimpulkan bahwa nilai tersebut berada di bawah nilai maksimum rata – rata eror 5%, dengan ini sensor soil moisture dapat digunakan sebagai alat ukur nilai kelembapan pada proses pembuatan pupuk kompos. Pengujian sistem dengan menggunakan metode histeris bertujuan untuk memastikan proses pembuatan pupuk kompos sesuai dengan setpoint suhu dan kelembapan yang telah ditentukan. Cara kerja dari metode histerisis adalah ketika nilai suhu dan kelembapan tidak mencapai setpoin yang telah ditentukan maka otomatis aktuator yang telah terhubung dengan mikrokontroller yaitu blower dan water pump akan menyala, jika nilai sudah terpenuhi aktuator akan otomatis berhenti. Keuntungan menggunakan metode histeresis adalah kinerja dinamis yang sangat baik dan kemampuan untuk mengontrol nilai setpoin yang diinginkan. Untuk suhu setpoin yang telah ditentukan adalah range 30 – 40 °C, sedangkan untuk kelembapan telah ditentukan pada nilai < 45%. Dengan demikian suhu dan kelembapan pupuk kompos akan terjaga.

Pengambilan data pada proses pembuatan pupuk kompos dilakukan mulai hari ke – 1 hingga kondisi pupuk yang dianggap telah memenuhi syarat. Terdapat dua pupuk yang diteliti,yaitu pupuk yang menggunakan alat dan pupuk yang tidak menggunakan alat. Kegiatan pengambilan data yang dilakukan yaitu satu hari 1x pada tiap pukul 12.00 WIB dan untuk pupuk yang menggunakan alat akan diaduk setiap 3 hari sekali dengan tujuan agar suhu dan kelembapan pupuk kompos merata. Hasil pengujian system terdapat pada Tabel.3

Tabel 3. Hasil Pengambilan Data Pupuk Kompos Dengan Histerisis

HARI KE-	NILAI SUHU (°C)	NILAI KELEMBAPAN (%)	BLOWER IN	BLOWER OUT	WATER PUMP
1	28	65	ON	OFF	OFF
2	30	63	OFF	OFF	OFF
3	32	61	OFF	OFF	OFF
4	32	61	OFF	OFF	OFF
5	33	60	OFF	OFF	OFF
6	35	58	OFF	OFF	OFF
7	38	56	OFF	OFF	OFF
8	39	55	OFF	OFF	OFF
9	40	52	OFF	OFF	OFF
10	43	48	ON	ON	OFF
11	43	46	ON	ON	OFF
12	45	42	ON	ON	ON
13	41	40	ON	ON	ON
14	43	43	ON	ON	ON
15	40	45	ON	ON	ON
16	40	42	ON	ON	ON
17	38	43	OFF	OFF	ON
18	37	44	OFF	OFF	ON
19	35	45	OFF	OFF	OFF
20	35	46	OFF	OFF	OFF
21	33	43	OFF	OFF	ON

Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Dengan Metode Hysteris Untuk Proses Pembuatan Pupuk Kompos

Dari Tabel 3 proses pembuatan pupuk kompos mulai dari hari pertama proses pencampuran sampah organik dengan cairan EM4 hingga menjadi pupuk kompos yang sempurna membutuhkan waktu selama 21 hari, sedangkan proses pembuatan pupuk kompos tanpa alat memerlukan waktu selama 30 hari. Dari 2 cara pembuatan pupuk kompos yang berbeda terdapat selisih 9 hari, yang dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan alat kontrol suhu dan kelembapan maka proses pembuatan pupuk kompos dapat dikatakan lebih cepat.

Tabel 4. Hasil Pengambilan Data Pupuk Kompos Tanpa Histerisis

HARI KE -	SUHU	KELEMBAPAN
1	28	65
2	28	65
3	29	65
4	30	65
5	30	65
6	30	65
7	30	63
8	32	63
9	32	63
10	32	60
11	33	60
12	33	60
13	33	58
14	35	58
15	35	58
16	35	58
17	33	57
18	33	57
19	31	57
20	31	57
21	31	57
22	34	55
23	32	55
24	30	55
25	32	55
26	32	53
27	30	53
28	33	53
29	34	50
30	35	50

Pada Tabel 4 merupakan data suhu dan kelembapan pupuk kompos tanpa penggunaan histerisis. Perbandingan yang terlihat yaitu pada waktu, kompos dengan histerisis membutuhkan waktu 21 hari, sedangkan yang tanpa histerisis membutuhkan waktu 30 hari.

KESIMPULAN

Alat kontrol suhu dan kelembapan dengan metode histerisis ini dapat digunakan untuk proses pembuatan pupuk kompos dengan waktu 21 hari dan dengan hasil yang sesuai dengan teori, hal ini menjadikan proses pembuatan pupuk kompos lebih cepat dari yang biasanya 30 – 40 hari. Penggunaan sensor suhu DS18B20 dan sensor soil moisture dapat membantu proses pembuatan pupuk kompos lebih cepat dikarenakan sensor tersebut terhubung dengan aktuatur blower dan water pump. Blower berfungsi sebagai alat pertukaran udara, sedangkan water pump berfungsi sebagai pengalir cairan EM4 ketika kelembapan dalam kategori kering. Suhu dan kelembapan dapat dikontrol menggunakan metode histerisis, dimana setiap sensor memiliki nilai range masing – masing. Ketika nilai suhu atau kelembapan tidak sesuai range maka aktuatur akan aktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardyanti, Farida, & Utomo, Pramudi. (2019). Perancangan Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembapan pada Proses Dekomposisi Pupuk Kompos berbasis IoT. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 4(2), 193–201.
- Ningrum, Wahyu Adia, Khatimah, Husnul, & Putra, Purnama. (2022). Pengelolaan Sampah Organik Menjadi Pupuk Kompos. *An-Nizām: Jurnal Bakti Bagi Bangsa*, 1(2), 20–28.
- Pranata, Deni Agus Dian. (2019). Prototype Sistem Pendeteksi Kebocoran Liquified Petroleum Gas Berbasis Arduino Dan Call Gateway. *Ubiquitous: Computers and Its Applications Journal*, 2(1), 11–20.
- Siregar, Esli Zuraidah, Harahap, Nurintan Muliani, Hasibuan, Nurharisyah, Harahap, Aisyah Budi, Ritonga, Anas Habibi, & Harahap, Masrul Efendi Umar. (2023). Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Di Desa Bargot Topong Kecamatan Batang Angkola Kabupaten Tapanuli Selatan Provinsi Sumatera Utara. *Kifah: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 149–160.
- Wadungasih, Tim Pengabdi Desa. (2019). Pengolahan Sampah Organik Menjadi Pupuk Kompos Dengan Menggunakan Keranjang Takakura. *Umsida Press*, 1–52.
- WARDOYO, RIYO SRISANTOSO. (n.d.). RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING pH, TEMPERATUR DAN KELEMBABAN UNTUK OPTIMALISASI PEMBUATAN PUPUK KOMPOS PADA FERTILIZER MAKER.
- Abdullatif, M., Nugroho, A. K., & Pinandita, S. Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu Berbasis PID Pada Prototipe Alat Dekomposter Limbah Organik Rumah Tangga.
- Antu, E. S., & Djamalu, Y. (2018). Desain Mesin Pencacah Sampah Organik Rumah Tangga Untuk Pembuatan Pupuk Kompos. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*, 3(2), 57-65.
- Budihartono, E., Sabanise, Y. F., & Rakhman, A. (2021). Monitoring Kualitas Air pada Budidaya Hidrokanik Berbasis Arduino. *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, 10(2), 118-21.
- Gunawan, I. K. W. (2021). Pemantauan Kelembapan Padi Dengan Memanfaatkan Sensor Kelembapan Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Portal Data*, 1(3).
- Hidayat, S., Rakhman, E., & Sudarsa, Y. (2018, October). Sistem Kendali Histeresis pada Alat Pengolahan Air Minum dengan Metode Turbidimetrik dan Elektrokonduktivitas. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar (Vol. 9, pp. 9-15)*.
- Rahman, M. T. (2021). Analisa Sistem Pengereng Padi Otomatis Berbasis Sensor Suhu DS18B20. *SinarFe7*, 4(1), 171-174.
- Ramadhan, M. R. (2019). Otomatisasi suhu, pH, dan kelembapan pada proses dekomposisi pembuatan pupuk kompos berbasis Arduino (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Malang).
- Saputra, M., Yustiawan, G. F., Ridzki, I., Wiwaha, S. S., & Gumilang, B. S. (2023). Perancangan Dan Implementasi Half Bridge Dc–Dc Converter Dengan Kendali Arus

Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Dengan Metode Hysteris Untuk Proses Pembuatan Pupuk Kompos

Hysteresis. *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 10(1), 72-77.

Setiawan, D., Wibawa, I. P. D., & Yuwono, S. (2020). Sistem Kendali Suhu Dan Kelembapan Udara Pada Pembibitan Tanaman Teh Di Pptk (pusat Penelitian Teh Dan Kina) Gambung Jawa Barat. *eProceedings of Engineering*, 7(1).