

Alat Pengolah Limbah Rumah Tangga Menjadi Kompos Berbasis Mikrokontroler

Lukmanul Khakim^{1*}, Eko Budihartono²

^{1,2})Program Studi DIII Teknik Komputer, Politeknik Harapan Bersama
Jl. Mataram No.9, Tegal, Indonesia 52147

*email: khakimthy@gmail.com

(Naskah masuk: 25 Juli 2023; diterima untuk diterbitkan: 26 Agustus 2023)

ABSTRAK – Berbagai jenis sampah dihasilkan dari rumah tangga, mulai dari sampah organik, non organik dan lain sebagainya. Sampah tersebut jika didaur ulang, pastinya akan memiliki manfaat baru. Oleh sebab itu diperlukan sebuah alat yang dapat mengolah sampah untuk didaur ulang menjadi kompos. Alat yang dimaksud terdiri dari arduino nano sebagai mikrokontroler, motor stepper nema 17 sebagai pemotong dan pengaduk sampah dan tanah, ember sebagai penampung sampah dan tanah, sensor YL-69 sebagai pendeteksi kelembapan tanah, sensor DS18B20 sebagai pendeteksi suhu tanah dan dua pompa mini sebagai penyuplai air dan EM4. Dari hasil penelitian ini, YL-69 mendeteksi kelembapan tanah 17% sampai 86%, artinya kelembapan tanah meningkat, maka pengaduk akan berjalan secara otomatis. Selanjutnya DS18B20 mendeteksi suhu tanah 25°C sampai 34°C, artinya proses pengomposan sedang berlangsung. Dengan cara kerja yang sedemikian rupa, maka peran manusia dalam proses mengolah sampah menjadi kompos akan diminimalisasikan, karena proses kerja dari alat tersebut berjalan secara otomatis sampai kompos siap digunakan.

Kata Kunci – Sampah Organik; Kompos; Mikrokontroler; DS18B20, YL-69.

Microcontroller-Based Tool for Processing Household Waste into Compost

ABSTRACT – Various types of waste are generated from households, ranging from organic, non-organic waste and so on. The waste, if recycled, will certainly have new benefits. Therefore, a tool is needed that can process waste to be recycled into compost. The tool in question consists of Arduino nano as a microcontrol, Nema 17 stepper motor as a cutter and stirrer for garbage and soil, buckets as garbage and soil reservoirs, YL-69 sensors as soil moisture detectors, DS18B20 sensors as soil temperature detectors and two mini pumps as water and EM4 suppliers. From the results of this study, YL-69 detects soil moisture of 17% to 86%, meaning that soil moisture increases, then the stirrer will run automatically. Furthermore, DS18B20 detects soil temperatures of 25°C to 34°C, meaning that the composting process is underway. With such a way of working, the role of humans in the process of processing waste into compost will be minimized, because the work process of the tool runs automatically until the compost is ready for use.

Keywords – Organic Waste; Compost; Microcontroller, DS18B20, YL-69.

1. PENDAHULUAN

Rumah tangga merupakan kelompok masyarakat terkecil di dalam sebuah negara, dalam kelompok tersebut segala sesuatu yang kecil dimulai, dari hal-hal yang sepele hingga yang sangat krusial yang menimbulkan hal-hal yang baik ataupun buruk. Sebagai contoh, rumah tangga merupakan penghasil sampah yang paling utama urutannya dari kelompok

lainnya[1]. Di situlah sampah-sampah berasal yang setiap harinya dihasilkan, di mana sampah yang dihasilkan mulai dari sisa-sisa makanan, sayuran yang tidak terpakai, kulit buah-buahan dan atau buah yang sudah busuk, serta lain sebagainya[2]. Jika sampah tersebut tidak dikelola dengan baik, maka akan menimbulkan permasalahan yang berdampak pada rumah tangga itu sendiri, tetangga dan bahkan

negara. Hal tersebut lambat laun akan terjadi jika setiap rumah tangga tidak mengelola sampah tersebut dengan baik dan benar, hal-hal yang sudah banyak terjadi antara lain polusi udara akibat sampah tersebut menghasilkan bau yang tidak sedap, volume yang setiap harinya bertambah akan menjadi permasalahan yang meluas baik bagi warga sekitar ataupun daerah tersebut di mana pemerintah daerah ataupun negara ikut bertanggung jawab atas permasalahan sampah yang sedang terjadi [3].

Di beberapa kasus yang terjadi antara lain menumpuk dan memanjangnya volume sampah yang ada di tempat pembuangan sampah sementara (TPS) yang berada di balapulang, kabupaten Tegal, salah satu penyebabnya adalah pembuangan sampah liar yang dilakukan warga yang melintasi TPS tersebut, sampah yang umum dibuang warga antara lain sayur sisa, makanan sisa dan beberapa sampah lainnya [4]. Di kota Tegal meskipun larangan penggunaan plastik sekali pakai diterapkan dan telah dikampanyekan, namun keberadaannya masih banyak dilihat di tempat pembuangan akhir (TPA), selain itu juga yang lebih dominan adalah sampah yang dihasilkan dari rumah tangga, di mana jumlah total sampah yang dihasilkan oleh warga kota Tegal mencapai 250 ton/hari [5].

Penelitian yang telah dilakukan oleh Adella atika Larasati dan Septa Indra Puspikawati pada tahun 2019, di mana penelitian tersebut dalam proses pembuatan kompos menggunakan metode Takakura, di mana metode tersebut hanya menggunakan keranjang Takakura, penutup keranjang, pengaduk, kardus, kain hitam, timbangan, dan sarung tangan sebagai alat utama untuk proses pengomposan, dan sebagai pengukurannya hanya menggunakan *soil moisture* pH meter dan *thermohygrometer*, di mana pteknik pengukurannya dilakukan secara manual [6].

Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Arif Mulyanto dkk pada tahun 2021, pada penelitian tersebut hanya membuat alat penampung dan pemrosesan sampah organik menjadi kompos, tetapi tidak dilengkapi dengan sensor-sensor yang akan memantau secara *realtime* proses pengomposannya, di mana alat yang digunakan adalah ember, baja strip, plat aluminium, motor listrik, saat proses pengomposan, alat ini harus secara bertahap dipantau secara manual terkait kadar suhu dan kelembapan serta kadar lainnya [7].

Penelitian berikutnya yang dilakukan oleh Muhammad Nurdiansyah dkk pada tahun 2023, di mana pada penelitian tersebut hanya membuat suatu alat untuk mencacah sampah organik menjadi potongan-potongan kecil, selanjutnya potongan itu dicampurkan dengan tanah dan dimasukkan ke dalam penampungan, tanpa adanya pengontrol kadar kelembapan, suhu dan lainnya yang mempengaruhi

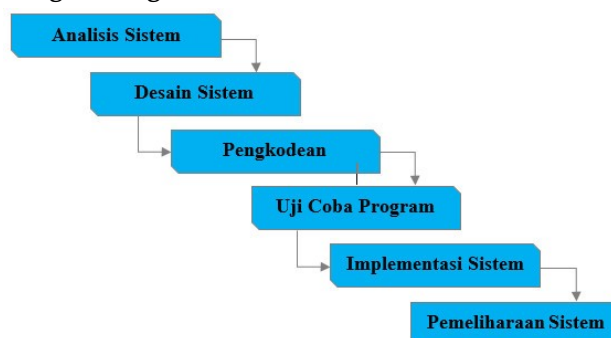
tingkat optimalisasi dalam proses pengomposan [8].

Seiring perkembangan teknologi, serta sebagai upaya untuk meminimalisasi permasalahan yang terjadi, maka pembahasan terkait penelitian ini yaitu suatu alat yang bekerja secara otomatis sebagai tempat pengolahan sampah sisa-sisa sayuran, buah-buahan dan sampah organik lainnya menjadi pupuk kompos, di mana alat ini dibuat menggunakan arduino nano[9][10] sebagai *board* utamanya, sensor *soil moisture* YL-69[11] yang berfungsi untuk mengukur tingkat kelembapan tanah, sensor DS18B20[12] untuk mengukur suhu tanah, sebuah motor *stepper* yang digunakan untuk mencacah dan mengaduk sampah sisa sayuran, buah dan organik lainnya, dua pompa mini sebagai pompa air untuk menjaga bahan pupuk kompos tetap lembab dan pompa lainnya sebagai pemberi cairan aktivator kompos (EM4)[13] yang berfungsi sebagai cairan pembantu proses penguraian bahan organik menjadi kompos[14]. Proses pegomposan optimal terjadi ketika suhu tanah antara 30°C sampai 45°C dengan kadar kelembapan tanah 50% sampai 60% [15].

Pada penelitian ini memiliki karakteristik yang membedakan dengan penelitian sebelumnya, antara lain alat ini mempunyai beberapa pengontrol dalam pemrosesan limbah rumah tangga menjadi kompos, salah satunya alat ini dapat melakukan pengadukan dan penyemprotan air serta cairan aktivator kompos (EM4)[13] secara otomatis sesuai dengan kondisi bahan kompos yang ada di dalam tempat pemrosesan melalui sensor-sensor yang dipasangkan pada alat tersebut, dengan demikian alat dapat secara mandiri melakukan proses pembuatan kompos dengan meminimalisasi peran manusia untuk melakukan pengecekan proses pembuatan kompos yang dilakukan oleh alat tersebut yang telah diatur secara otomatis. Dengan demikian, maka penurunan volume sampah/ limbah yang bersumber dari rumah tangga akan mulai berkurang, karena sampah atau limbah yang akan dibuang ke TPS merupakan sampah yang memang belum dapat didaur ulang secara langsung oleh rumah tangga.

2. METODE DAN BAHAN

Pengembangan Sistem Model Waterfall



Gambar 1. Alur Pengembangan Sistem Model *Waterfall*

Pengembangan sistem dengan model *waterfall* merupakan satu dari banyaknya pengembangan sistem perangkat lunak[9]. Model jenis *waterfall* sering digunakan untuk pengembangan sistem perangkat lunak, pengembangan sistem model *waterfall* ini sudah banyak dikenal dengan berbagai istilah, salah satunya dapat diistilahkan dengan sebutan alur kehidupan[16]. Model alur dengan jenis *waterfall* ditunjukkan pada Gambar 1.

Berikut teknis atau prosedur dalam membuat sistem pengolah limbah rumah tangga menjadi kompos berbasis mikrokontroler:

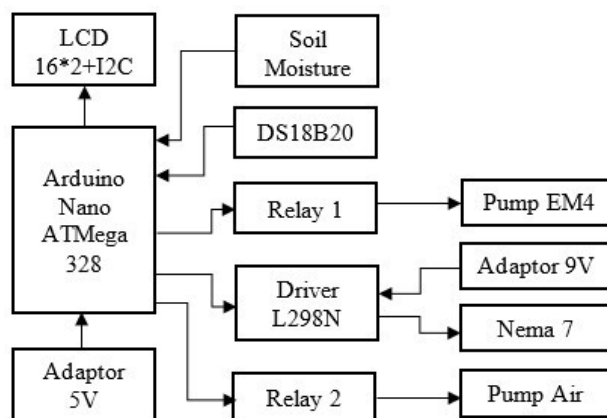
- Analisis Sistem atau kebutuhan sistem, dalam tahap yang pertama ini, mengumpulkan beberapa informasi atau data yang ada kaitannya dengan kebutuhan-kebutuhan sistem yang akan dibuat, informasi yang tersebut diantaranya kebutuhan bahan-bahan dan alat yang digunakan sebagai bahan utama dalam membuat sistem, bahan-bahan dan alat yang dimaksud antara lain Arduino Nano ATmega 328, Sensor *Soil Moisture* YL-69, Sensor Suhu DS18B20, Motor *Stepper* Nema 17, Pompa Mini, dan bahan pendukung lainnya.
- Desain Sistem, di dalam tahapan ini, bertujuan untuk membuat sebuah desain sistem atau rancangan sistem yang akan dihasilkan, di mana desain tersebut berkaitan dengan diagram blok sistem, cara kerja sistem (*flowchart*), serta membuat rancangan desain tampilan antarmuka sistem atau umum disebut desain *interface*.
- Pengkodean Program, dalam tahap pengkodean ini merupakan proses pembuatan rancangan kode program (*coding*), di mana *coding* ini berisi perintah atau intruksi-intruksi yang akan dieksekusi oleh sistem yang sudah dibuat, untuk bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C++ dan aplikasi yang digunakan sebagai kompilasi adalah Arduino IDE[9].
- Pengujian Program atau Uji coba Sistem, tahap ini dilakukan proses uji coba sistem atau pengujian sistem yang telah diinstalasi dan telah dilakukan *coding* program, di mana langkah ini bertujuan untuk menguji seluruh komponen, sensor, dan aktuator yang telah terpasang atau terinstalasi, apakah dapat bekerja sesuai dengan fungsinya atau perlu perbaikan atau penyempurnaan.
- Implementasi Sistem, dalam tahap ini dilakukan proses lanjutan yaitu pengujian sistem secara *real* atau secara langsung untuk proses pembuatan kompos dengan menambahkan bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan kompos, dan proses selanjutnya adalah implementasi sistem, di mana jika seluruh langkah pengujian telah selesai dilakukan dan tidak ada kendala atau permasalahan pada sistem.
- Pemeliharaan Sistem atau umumnya disebut *maintenance*, tahap ini dilakukan dengan tujuan

untuk proses pemeliharaan seluruh komponen, sensor, aktuator ataupun aspek lainnya yang mendukung kerja dari sistem yang telah dibuat, langkah ini sangat dibutuhkan sebagai jaminan bahwa seluruh fungsi dari sistem ini dapat berjalan dengan semestinya.

Blok Diagram

Blok diagram adalah skema bagian atau blok yang digunakan guna memudahkan orang untuk membuat rancangan sistem dan atau membuat sebuah sistem[17].

Blok diagram dapat diartikan dengan istilah alur skema dari bagian-bagian atau blok-blok yang saling terhubung antara satu dengan yang lainnya. Blok diagram dapat memudahkan orang untuk membuat skema suatu rangkaian menjadi sebuah gambaran yang nyata melalui instalasi-instalasi rangkaian. Berikut ini blok diagram dari sistem pengolah limbah rumah tangga menjadi kompos berbasis mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 2.

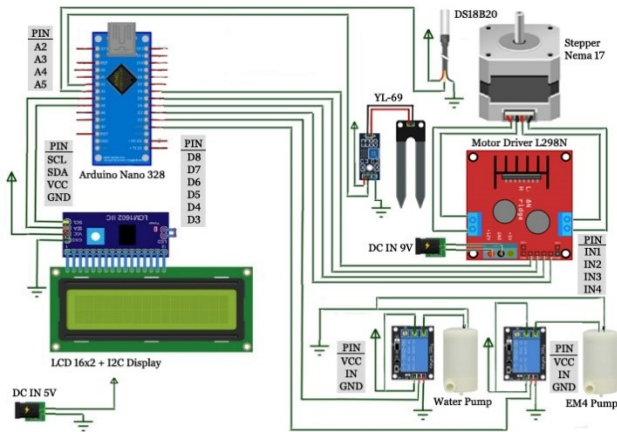


Gambar 2. Blok Diagram Sistem Pengolah Limbah Rumah Tangga menjadi Kompos berbasis Mikrokontroler

Rancangan Instalasi Skema Rangkaian

Skema rangkaian adalah gambaran dari instalasi semua komponen, sensor, dan aktuator yang terhubung menjadi satu untuk menghasilkan sistem baru dan fungsi yang lebih jelas dan juga sebagai penyusun dari suatu sistem kendali[18].

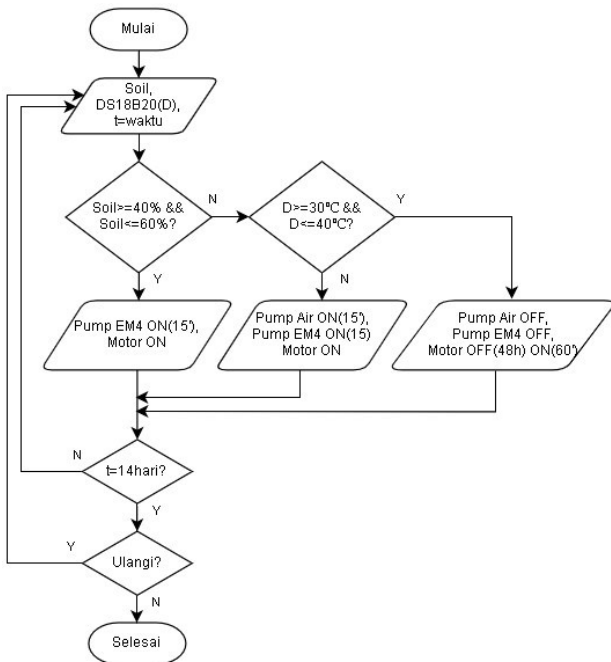
Sistem yang telah dirancang, yaitu sistem pengolah limbah rumah tangga menjadi kompos berbasis mikrokontroler, di mana skema rangkaian dari sistem tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema Rangkaian Sistem Pengolah Limbah Rumah Tangga menjadi Kompos berbasis Mikrokontroler

Alur Sistem (Flowchart)

Flowchart merupakan suatu alur kerja yang digambarkan melalui simbol-simbol tertentu yang memiliki arti, yang mana pada flowchart dijelaskan dengan rinci suatu proses/alur kerja sebuah sistem yang dibangun[9][10][19]. Alur kerja pada sistem pengolah limbah rumah tangga menjadi kompos berbasis mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Flowchart Sistem Pengolah Limbah Rumah Tangga menjadi Kompos berbasis Mikrokontroler

Alat dan Bahan

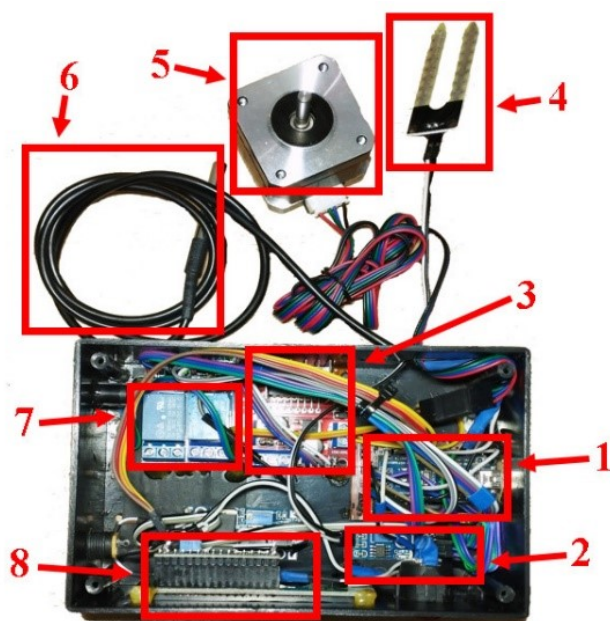
Sistem pengolah limbah rumah tangga menjadi kompos berbasis mikrokontroler dibangun dengan beberapa komponen, sensor dan aktuator, di mana komponen, sensor dan aktuator mempunyai fungsi yang saling berkaitan guna membentuk suatu sistem yang memiliki fungsi lebih kompleks yaitu untuk mengolah limbah rumah tangga menjadi kompos. Komponen, sensor, dan aktuator yang diperlukan dalam pembuatan sistem ini antara lain:

- Arduino Nano 328, di mana *board* ini berfungsi sebagai mikrokontroler, Arduino jenis nano pada dasarnya sama fungsinya dengan Arduino Uno[20], yang menjadi pembeda antara keduanya hanya ukuran boardnya dan *interface* yang tersedia pada masing-masing jenisnya. Arduino jenis nano dengan *chip* ATmega328 mempunyai keunggulan tegangan yang diperlukan tergolong kecil, yaitu 5VDC dengan arus 1A, kemudian kecepatan dari prosesor yang cukup diandalkan, sebesar 16Mhz, Selain itu, pada arduino nano juga tersedia 22 port *input/output* (I/O) yang terbagi ke dalam pin digital dan pin analog yang cukup memadai untuk macam-macam sensor dan aktuator yang digunakan[21].
- Sensor *Soil Moisture* YL-69, Sensor *soil moisture* merupakan sensor yang dapat mendeteksi kelembapan tanah, data yang dihasilkan dari sensor ini merupakan jenis data analog dan digital, tetapi untuk keakuratan dan kemudahan dalam memproses datanya, maka disarankan menggunakan data jenis analog untuk jenis keluarannya[11]. Sensor *soil moisture* beroperasi pada tegangan 5VDC, sensor ini dapat mendeteksi tingkat kelembapan tanah dengan jangkauan kerja antara 1% sampai dengan 100%[22].
- Sensor *Waterproof* DS18B20, Sensor ini merupakan golongan dari sensor suhu[12], di mana sensor ini memiliki karakteristik lebih tahan terhadap cairan, karena implementasi dari sensor ini dapat secara langsung ditanamkan ke dalam cairan atau tanah, dengan jangkauan kinerja dari sensor ini berkisar antara -55°C sampai 125°C dengan tingkat akurasi $\pm 99,5\%$ dan tegangan kerja antara 3VDC sampai 5,5VDC[23].
- Motor *Stepper* Nema 17, merupakan sejenis dinamo/motor yang bekerja secara elektromekanis dengan mengubah tegangan listrik menjadi energi gerak mekanis diskrit, pergerakan motor ini mengikuti arah tegangan yang diberikan kepada motor *stepper*[24]. Karakteristik dari motor *stepper* nema 17, tegangan kerja 3,6VDC sampai 23,82VDC, dengan arus 2A sampai 2,2A, di mana pada alat pengolah limbah ini menggunakan tegangan 9VDC/2A, dan torsi 0,59Nm[25].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Instalasi Perangkat Keras

Tahap ini seluruh komponen, sensor, dan aktuator yang sudah tersedia, dilakukan perakitan atau instalasi menjadi satu sistem yang saling terintegrasi, di mana hasil dari proses perakitan komponen, sensor, dan aktuator ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Instalasi Komponen, Sensor, dan Aktuator

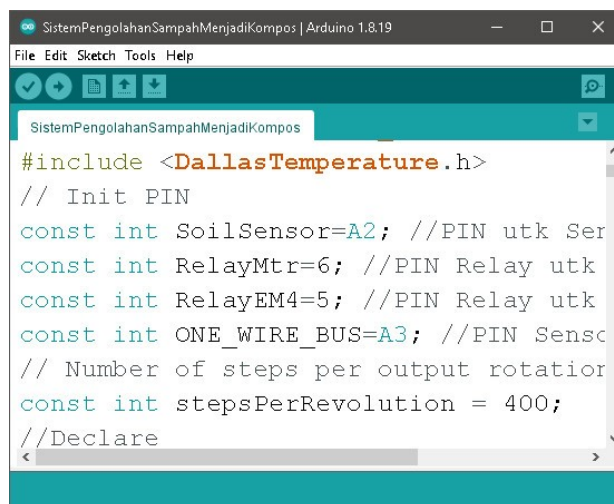
Keterangan:

1. Arduino Nano ATmega328
2. Modul YL-69
3. Modul Motor Driver Dual L298N
4. Konduktor Sensor Soil YL-69
5. Motor Stepper Nema 17
6. Sensor DS18B20
7. Modul Relay Dual Channel 5VDC
8. LCD 16x2 + I2C

Pemrograman (Coding) Sistem

Pengkodean atau *coding* sistem bertujuan untuk merancang sebuah kode program menggunakan bahasa pemrograman mesin, di mana dalam penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman C++, selanjutnya hasil rancangan kode program tersebut dimasukan atau di-*upload* ke dalam rangkaian yang sebelumnya telah selesai diinstalasi [26].

Kode program dirancang dan dikompilasi ke dalam rangkaian menggunakan aplikasi yang umum dipakai, yaitu Arduino IDE[9]. Potongan dari kode program sistem pengolah limbah rumah tangga menjadi kompos berbasis mikrokontroler yang telah dirancang menggunakan aplikasi Arduino IDE, ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Potongan Kode Program Sistem Pengolah Limbah Rumah Tangga menjadi Kompos berbasis Mikrokontroler

Pengujian Alat Hasil Rancangan

Melalui tahap ini pengujian dilakukan pada keseluruhan sistem, tahap ini dilakukan karena proses instalasi dan pengkodean program telah selesai. Tahap ini penting, karena hasil kinerja dari setiap sensor dan aktuator yang sudah terinstalasi akan diperoleh. Pengujian sistem ini ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian Keseluruhan Sistem Pengolah Limbah Rumah Tangga menjadi Kompos berbasis Mikrokontroler

Pengujian penelitian ini yang disajikan pada Gambar 7, adalah pengujian yang telah dilakukan pada seluruh komponen, sensor, dan aktuator yang terpasang pada sistem tersebut, di mana pengujian sistem tersebut LCD16x2 mampu menyajikan informasi terkait data-data dari proses pengomposan limbah rumah tangga yang telah dideteksi oleh sensor *soil moisture* YL-69, di mana jika kelembapan campuran tanah dan limbah rumah tangga yang ada dalam wadah penampungan terdeteksi $\geq 40\%$ sampai $\leq 60\%$, maka pompa EM4 akan aktif untuk mengalirkan cairan aktivator EM4 selama 15 detik dan motor *stepper* yang berfungsi sebagai pengaduk dan pencacah limbah akan berputar (putarannya dari kanan ke kiri 5 detik dan 5 detik lagi sebaliknya) sampai kelembapan tanah naik, kemudian setelah

kelembapan tanah naik lebih dari 60%, dan sensor DS18B20 mendeteksi suhu tanah $\geq 30^{\circ}\text{C}$ sampai $\leq 40^{\circ}\text{C}$, maka pompa EM4 dan motor *stepper* akan berhenti, akan tetapi dalam kondisi tersebut motor *stepper* akan berhenti selama 48 jam, setelah itu akan berputar selama 60 detik, dan proses itu akan terus berlangsung selama 14 hari. Kemudian setelah 14 hari, maka kompos sudah bisa dimanfaatkan untuk media tanam organik.



Gambar 8. Hasil Akhir Sistem Pengolah Limbah Rumah Tangga menjadi Kompos berbasis Mikrokontroler

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem Pengolah Limbah Rumah Tangga menjadi Kompos berbasis Mikrokontroler

No	Tgl.	RH Tana h (%)	Suhu Tana h ($^{\circ}\text{C}$)	Status			Ket.
				Pompa Air	EM4	Motor	
1	10-11 Juni 2023	17	33	OFF	OFF	OFF	Rerata pengujian tanggal 10-11
2	12-13 Juni 2023	24	32	OFF	OFF	OFF	Rerata pengujian tanggal 11-12
3	14-15 Juni 2023	32	30	OFF	OFF	OFF	Rerata pengujian tanggal 14-15
4	16-17 Juni 2023	41	29	ON	ON	ON	Rerata pengujian tanggal 16-17
5	18 Juni 2023	54	28	ON	ON	ON	Pengujian tanggal 18
6	19 Juni 2023	62	27	OFF	ON	ON	Pengujian tanggal 19
7	20 Juni 2023	68	27	OFF	ON	ON	Pengujian tanggal 20

8	21 Juni 2023	74	26	OFF	ON	ON	Pengujian tanggal 21
9	22 Juni 2023	80	25	OFF	ON	ON	Pengujian tanggal 22
10	23 Juni 2023	86	25	OFF	ON	ON	Pengujian tanggal 23

Hasil Analisa Sistem

Dari hasil pengujian sistem yang disajikan pada Tabel 1, dapat diperoleh beberapa hasil analisa, di mana hasil dari analisa sistem tersebut dapat dipaparkan bahwa ketika kelembapan tanah yang terdeteksi oleh sensor YL-69 kurang dari 40% dan suhu tanah yang dideteksi oleh sensor DS18B20 antara 30°C sampai 40°C , maka akan mentrigger *relay* pada posisi *normally open*, sehingga menonaktifkan pompa agar tidak mensuplai air dan cairan EM4, karena pada kondisi kelembapan dan suhu tersebut proses pengomposan sedang berlangsung, pada posisi tersebut, yang akan diaktifkan adalah fungsi dari pengaduk yang dikendalikan oleh motor *stepper*, di mana motor *stepper* akan aktif selama 60 detik setelah 48 jam nonaktif, proses ini akan terus diulangi sampai proses pengomposan selesai dilakukan, yaitu setelah 14 hari[15][27].

Dampak yang didapatkan setelah penggunaan sistem ini yang paling dirasakan adalah menurunnya volume limbah sampah yang dibuang yang tergolong organik telah dimanfaatkan untuk membuat kompos yang memiliki manfaat baru.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pemaparan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa alat pengolah limbah rumah tangga menjadi kompos berbasis mikrokontroler ini dapat mendeteksi kadar kelembapan melalui sensor *soil moisture* YL-69, dan juga kadar suhu tanah dengan sensor DS18B20, di mana kelembapan terdeteksi sebesar 41% dan suhu tanah 29°C , sehingga pompa air dan pompa EM4 mensuplai air dan aktivator EM4 dilanjutkan dengan motor *stepper* untuk mengaduk campuran tersebut, kemudian jika kelembapan terdeteksi sebesar 17% dan suhu 33°C , maka pompa air dan EM4 akan berhenti mensuplai air dan aktivator EM4, di samping itu motor *stepper* berhenti mengaduk selama 48 jam (dua hari) kemudian setelah itu dalam waktu 1 menit akan mengaduk kembali, dan proses tersebut diulang, dengan demikian maka seluruh proses pengomposan dilakukan secara otomatis oleh alat tersebut sampai kompos benar-benar siap digunakan setelah melalui proses pengomposan selama 14 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Politeknik Harapan Bersama atas dukungan yang diberikan hingga menghasilkan penelitian ini, kemudian ucapan terima kasih untuk semua pihak atas kontribusinya dalam penelitian ini. Semoga penelitian ini memberikan banyak manfaat bagi pengembangan ilmu khususnya di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Sujatna and W. Hastomo, "Pemanfaatan Sampah Rumah Tangga dan Pasar sebagai Upaya Peningkatan Kesejahteraan Keluarga," *JPPM (Jurnal Pengabd. dan Pemberdaya Masyarakat)*, vol. 5, no. 1, p. 61, 2021, doi: 10.30595/jppm.v5i1.5853.
- [2] R. Gatta *et al.*, "Transformasi Peran dan Kapasitas Perempuan Rumah Tangga dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga di Kota Makassar," *J. Penyul.*, vol. 18, no. 02, pp. 265–276, 2022, doi: 10.25015/18202237888.
- [3] R. P. Mahyudin, "Strategi Pengelolaan Sampah Berkelanjutan," *EnviroScientiae*, vol. 10, pp. 80–87, 2014.
- [4] DLH, "Respon Cepat DLH Tangani Aduan Sampah Menumpuk di Tiga TPS," 2022.
- [5] A. Nurrokhman, "Mengerikan, Warga Kota Tegal Produksi Sampah 250 Ton/Hari," 2020.
- [6] A. A. Larasati and S. I. Puspikawati, "Pengolahan Sampah Sayuran Menjadi Kompos dengan Metode Takakura," *J. Ikesma*, vol. 15, no. 2, pp. 60–68, 2019.
- [7] A. Mulyanto, H. S. Tira, I. M. Nuarse, Nurchayati, and N. H. Sari, "Pengolahan Sampah Organik Dedaunan Menjadi Pupuk Kompos," *Semin. Nas. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 3, no. November, pp. 152–161, 2021.
- [8] M. Nurdiansyah, S. Saporin, Y. Setiawan, and E. S. Wijianti, "Rancang Bangun Mesin Pencacah Sampah Organik Kapasitas," *J. Teknol. Mesin UDA*, vol. 4, no. 1, p. 193, 2023, doi: 10.46930/teknologimesin.v4i1.3306.
- [9] L. Khakim, I. Afriliana, N. Nurohim, and A. Rakhman, "Alat Proteksi Kebocoran Gas LPG Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler," *Komputika J. Sist. Komput.*, vol. 11, no. 1, pp. 40–47, 2022, doi: 10.34010/komputika.v11i1.4977.
- [10] L. Khakim, A. H. Sulasmoro, and I. Afriliana, "Alat Peringatan Volume Septic Tank dan Netralisasi Kadar Sewer Gas Berbasis Mikrokontroler dan Teknologi Panel Surya," *Komputika J. Sist. Komput.*, vol. 12, no. 148, pp. 35–42, 2023, doi: 10.34010/komputika.v12i1.7538.
- [11] 1 Wayan Krisma Kartika *et al.*, "Aplikasi Sensor Soil Moisture YL-69 dan Sensor Ultrasonic HC-SR07 pada Smart Irrigation Application," *J. Ilm. Teknol. Pertan.*, vol. 6, no. 1, pp. 32–38, 2021.
- [12] T. . Wisjhnuadji and I. Fauzi, "Monitoring Ketinggian Dan Suhu Air Dalam Tangki Berbasis Web Menggunakan Arduino Uno & Ethernet Shield," *Bit*, vol. 14, no. 1, pp. 39–44, 2017.
- [13] T. Nur, A. R. Noor, and M. Elma, "Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Sampah Organik Rumah Tangga dengan Bioaktivator EM 4 (Effective Microorganisms)," *Konversi*, vol. 5, no. 2, pp. 44–51, 2016, doi: 10.20527/k.v5i2.4766.
- [14] N. I. Made, N. I. A. Bunga, and S. Dewi, "Analisa limbah rumah tangga terhadap dampak pencemaran lingkungan," *J. Ganeeswara*, vol. 15, no. 2, pp. 1159–1164, 2021.
- [15] B. Hidayat, N. U. S. Jamilah, and A. Utami, "Pemanfaatan Biomassa Dalam Bentuk Biochar dan Kompos pada Sifat Sifat Tanah," *J. Pertan. Trop.*, vol. 9, no. 3, pp. 182–191, 2022, doi: 10.32734/jpt.v9i3.
- [16] Sukamto and Shalahuddin, *Analisa dan Desain Sistem Informasi*. Yogyakarta: Andi Offset, 2013.
- [17] A. Febtriko, "Sistem Kontrol Perternakan Ikan dengan Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Android," *J. Teknol. dan Sist. Inf. Univrab*, vol. 2, no. 1, pp. 21–31, 2017.
- [18] P. Handoko, "Sistem Kendali Perangkat Elektronika Monolitik Berbasis Arduino Uno R3," *Pros. Semnastek*, no. November, pp. 1–2, 2017.
- [19] L. Khakim, M. Mukhlisin, and A. Suharjo, "Security system design for cloud computing by using the combination of AES256 and MD5 algorithm," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 732, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/732/1/012044.
- [20] P. P. Bairagi and L. P. Saikia, "Development of a LPG Monitoring and Automatic Cylinder Booking System Based on Wireless Sensor Network," *Proc. 4th Int. Conf. Inven. Syst. Control. ICISC 2020*, no. Icisc, pp. 382–386, 2020, doi: 10.1109/ICISC47916.2020.9171061.
- [21] N. Komal Kumar, D. Vigneswari, and C. Rogith, "An Effective Moisture Control based Modern Irrigation System (MIS) with Arduino Nano," in *2019 5th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, ICACCS 2019*, 2019, pp. 70–72. doi: 10.1109/ICACCS.2019.8728446.
- [22] P. Rahardjo, "Sistem Penyiraman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah

- Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pada Tanaman Mangga Harum Manis Buleleng Bali," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 21, no. 1, pp. 31–34, 2022.
- [23] Maximintegrated.com, "Ds18B20," 2015.
- [24] T. F. Prasetyo, H. Sujadi, and R. M. Azizi, "Desain dan Pengembangan Peralatan Rekayasa Otomatis Pada Papan Tulis Menggunakan Arduino Uno R3 Terintegrasi Dengan Android," *Infotech J.*, vol. 6, no. 2, p. 59, 2020.
- [25] Joy-it, "Nema17 Stepper Motor." SIMAC Electronics GmbH, pp. 6–8, 2022.
- [26] E. D. Arisandi, "Kemudahan Pemrograman Mikrokontroler Arduino Pada Aplikasi Wahana Terbang," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 3, no. 2, pp. 46–49, 2014, doi: 10.36055/setrum.v3i2.507.
- [27] A. Anggela and D. M. Kurniawati, "Pembuatan Pupuk Kompos dari Limbah Organik Rumah Tangga di Kelurahan Manggar, Balikpapan Timur," *SINAR SANG SURYA J. Pus. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 6, no. 2, p. 323, 2022, doi: 10.24127/sss.v6i2.2189.