E-ISSN: 3047-941X
Halaman 115-127
Volume 3 Nomor 1 Tahun 2026

Rancang Bangun Alat Pengolahan Botol Plastik Menjadi Bahan Baku Filament Printer 3D Dengan Sistem Monitoring Berbasis IoT

Mufid Widiyandra[1], Okta Andrica Putra[2], Riandana Afira[3]

Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Putra Indonesia "YPTK" Padang, Padang, 25221, Indonesia
mwidiyandra@gmail.com

Abstrak

Peningkatan Limbah botol plastik bekas merupakan masalah lingkungan yang terus meningkat, terutama karena ketidakmampuan plastik untuk terurai dengan mudah di alam. Salah satu cara untuk mengurangi dampak limbah plastik adalah dengan mendaur ulang botol plastik menjadi bahan baku filament untuk printer 3D. Penggunaan filament berbahan plastik daur ulang membuka peluang untuk mengurangi penggunaan bahan baku plastik baru serta membantu industri manufaktur dalam mendukung keberlanjutan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat yang dapat mengolah botol plastik bekas menjadi filament untuk printer 3D, dilengkapi dengan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT).Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat pembuatan filament dari botol plastic bekas dengan sistem monitoring berbasis IoT . system ini mengintegrasikan berbagai sensor ,yaitu ultrasonic untuk mendeteksi masih adanya mabahan baku atau tidak ,serta sensor ntc memakai modul MAX6675 sebagai pengolah sinyal nya mennjadi sinyal suhu atau data suhu, seluruh data tersebut diproses oleh ESP32-S3 yang memungkinkan pemantauaan secara real-time melalui aplikasi berbasis IoT . alat ini dilengkapi dengan motor driver sebagai penarik hasil filament. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengotomatisasi proses pengomposan secara efektif, menjaga parameter lingkungan dalam kisaran optimal, serta mengirimkan data secara real-time untuk kemudahan pemantauan oleh pengguna. Inovasi ini mendukung pengelolaan limbah berkelanjutan dan mempermudah produksi kompos dengan teknologi yang dapat diakses oleh masyarakat luas.

Kata kunci: Daur ulang botol plastik, printer 3D, filamen, IoT

Abstract

The increase in plastic bottle waste is an environmental issue that continues to rise, primarily due to plastic's inability to decompose easily in nature. One way to reduce the impact of plastic waste is by recycling plastic bottles into filament material for 3D printers. The use of filament made from recycled plastic opens up opportunities to reduce the use of new plastic raw materials while also assisting the manufacturing industry in supporting environmental sustainability. This study aims to design and build a device that can process plastic bottles into

filament for 3D printers, equipped with an Internet of Things (IoT)-based monitoring system. This research aims to design and build a filament production device from used plastic bottles with an IoT-based monitoring system. The system integrates various sensors, such as an ultrasonic sensor to detect whether there is still raw material available or not, and an NTC sensor using the MAX6675 module as its signal processor to convert the signal into temperature data. All this data is processed by the ESP32-S3, which enables real-time monitoring through an IoT-based application. The device is equipped with a motor driver to pull the filament output. The results of testing show that the system can automate composting operations effectively, maintain environmental parameters within optimal ranges, and transmit real-time data for user monitoring. This innovation supports sustainable waste management and simplifies compost production using technology accessible to local communities.

Keywords: Recycling plastic bottles, 3D printers, filaments, IoT

LATAR BELAKANG

Seiring dengan meningkatnya konsumsi air dalam kemasan yang menggunakan bahan Polyethylene Terephthalate (PET), terjadi penumpukan sampah botol plastik yang semakin besar dan sulit terurai oleh alam. Sampah plastik ini memberikan dampak serius terhadap lingkungan, menyebabkan pencemaran pada tanah dan air serta masalah pada sistem drainase di kawasan urban. Berdasarkan laporan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, limbah plastik, khususnya botol PET, menjadi salah satu kontributor utama sampah yang menumpuk dan tidak dikelola dengan baik di Indonesia . Untuk mengatasi isu ini, pemerintah Indonesia telah mengimplementasikan prinsip 3R (Reduce, Reuse, Recycle) sebagai langkah sistematis dalam pengelolaan sampah plastik, yang bertujuan untuk mengurangi volume sampah, memanfaatkan kembali material yang ada, dan mendaur ulangnya untuk menghasilkan produk bernilai tambah.

Salah satu cara penerapan prinsip 3R adalah dengan mengolah botol plastik bekas menjadi bahan baku baru yang bisa dimanfaatkan di berbagai industri. Salah satu bidang yang bisa mendapat manfaat dari pengolahan ini adalah 3D printing, terutama dalam pembuatan filamen untuk printer 3D menggunakan botol plastik PET. Teknologi manufaktur aditif seperti Fused Deposition Modeling (FDM) semakin diminati di era Industri 4.0 karena kemampuannya dalam menghasilkan produk dengan desain yang fleksibel, biaya yang lebih efisien, serta waktu produksi yang cepat. Namun, masalah utama yang dihadapi adalah ketergantungan terhadap filamen impor yang cukup mahal, yang menghambat pengembangan industri 3D printing lokal. Beberapa studi menunjukkan bahwa botol plastik PET dapat diolah menjadi filamen yang dapat digunakan untuk 3D printing dengan pengaturan suhu dan kecepatan ekstrusi tertentu, yang menghasilkan filamen dengan diameter yang sesuai dan kualitas cetakan yang memadai

Walaupun telah ada beberapa alat pengolah botol plastik menjadi filamen, masalah terkait konsistensi kualitas filamen, kemudahan pengoperasian, dan kurangnya pengawasan parameter secara real-time masih sering terjadi. Pengaturan suhu dan kecepatan ekstrusi yang tidak tepat dapat menyebabkan perbedaan diameter filamen, yang pada gilirannya

memengaruhi hasil cetakan 3D. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang alat pengolah botol plastik bekas menjadi bahan baku filamen printer 3D dengan sistem monitoring berbasis IoT, yang memungkinkan pemantauan jarak jauh dan memberikan umpan balik langsung pada operator untuk menjaga kualitas dan presisi filamen yang dihasilkan

METODE

Kerangka kerja penelitian pada tahap ini disusun sebagai panduan yang menjelaskan alur sistematis penelitian, mulai dari identifikasi masalah hingga implementasi solusi. Dengan adanya kerangka kerja ini, setiap langkah penelitian dapat dilakukan secara terarah dan terukur.

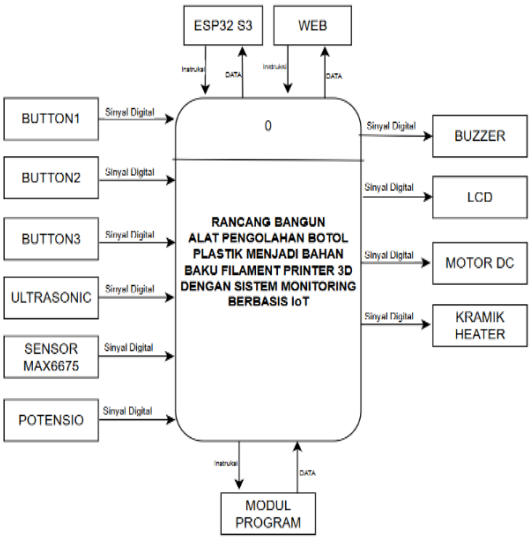
Penelitian ini menerapkan pendekatan rekayasa yang terdiri dari tahapan perancangan, pengembangan, dan pengujian. Perancangan perangkat keras menggunakan ESP32-S3 sebagai pengendali utama yang dihubungkan dengan sensor MAX6675 untuk mengukur suhu, sensor ultrasonik untuk mengukur keberadaan botol plastik. Aktuator yang digunakan meliputi motor dc penarik filamet, kremaik heater. Perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE untuk memproses data serta mengotomatisasi logika kendali sesuai kebutuha. Pengujian alat dilakukan melalui verifikasi fungsi setiap sensor dan aktuator, serta uji coba proses pembuatan filament secara eksperimental.

Perancangan alat dilakukan dengan mengikuti tahapan dan panduan tertentu agar proses pembuatan berjalan terstruktur serta mempermudah peneliti dalam mencapai tujuan penelitian

Context Diagram

Context diagram menggambarkan sistem secara global serta hubungan antara sistem dengan entitas eksternal. Pada penelitian ini, sistem alat pembuat filamet dipandang sebagai satu kesatuan (black box) yang menerima masukan berupa parameter lingkungan dan perintah pengguna, kemudian menghasilkan keluaran berupa data pemantauan serta pengendalian proses pembuatan filament. Entitas eksternal: pengguna (user) dan lingkungan (limbah botol plastik, suhu). Masukan sistem: data sensor (HC-SR04 untuk pendeteksi bahan, MAX6675 sebagai pembacaan suhu dari kramik heater), serta perintah dari pengguna. Keluaran sistem: informasi kondisi kompos yang ditampilkan melalui LCD dan IoT, serta aksi dari aktuator (motor dc penarik, kramik heater sebagai pemanas).

Dengan demikian, context diagram menjelaskan hubungan sederhana bahwa sistem menerima data dari sensor dan input pengguna, memprosesnya melalui mikrokontroler ESP32 S3, lalu memberikan keluaran berupa kontrol proses pengomposan dan informasi monitoring.

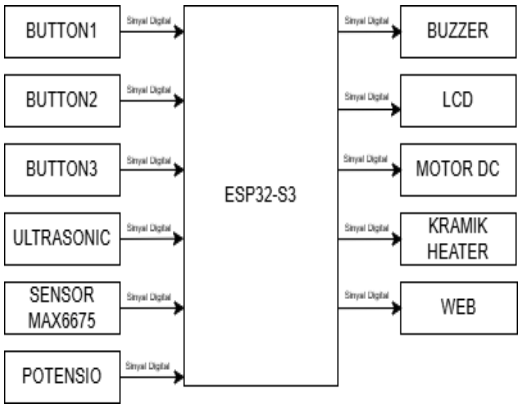


Gambar 1. Context Diagram

Blok Diagram

Block diagram digunakan untuk menunjukkan komponen utama penyusun sistem serta alur hubungan antar perangkat. Dalam penelitian ini, block diagram terdiri dari beberapa bagian utama:

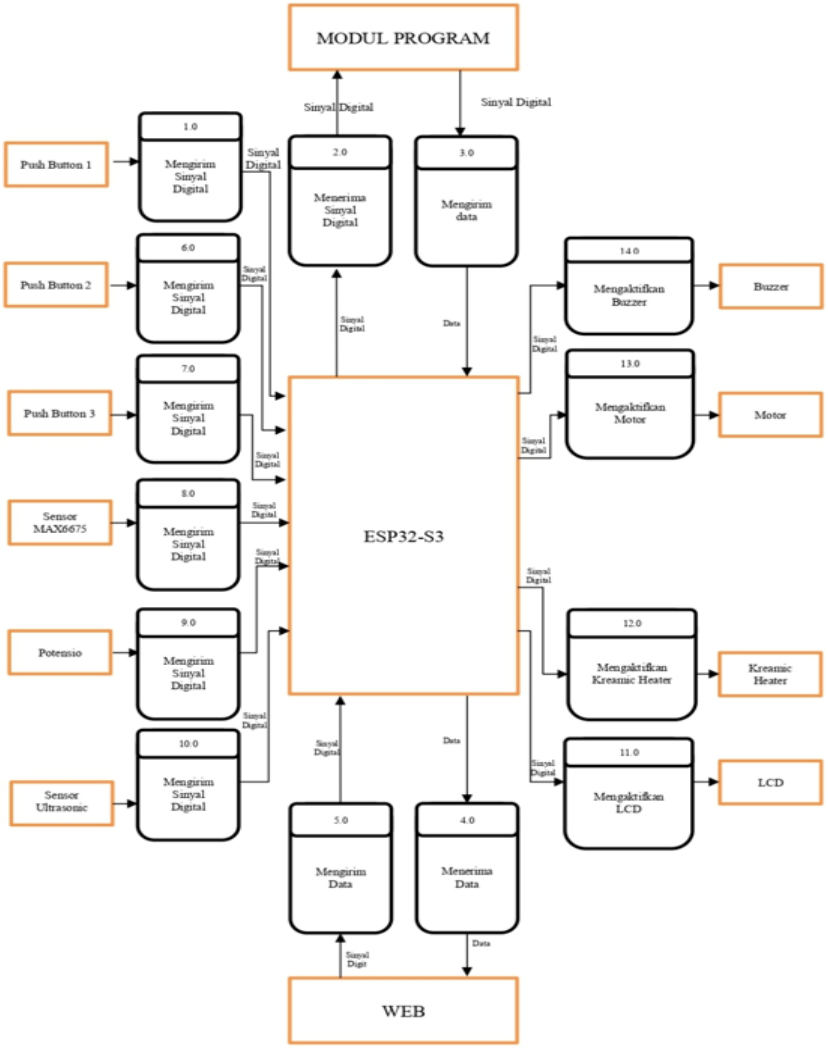
ESP32 S3 berfungsi sebagai pusat kendali yang menerima masukan dari sensor MAX6675 (suhu), dan sensor ultrasonik HC-SR04 (pendeteksi bahan). Berdasarkan data tersebut, Arduino mengontrol aktuator berupa motor dc prnarik. Selain itu, sistem dilengkapi dengan LCD 16x2 untuk menampilkan data secara real-time dan tampil di web. Diagram ini menjelaskan hubungan antarkomponen utama yang membentuk keseluruhan sistem.



Gambar 2. Blok Diagram

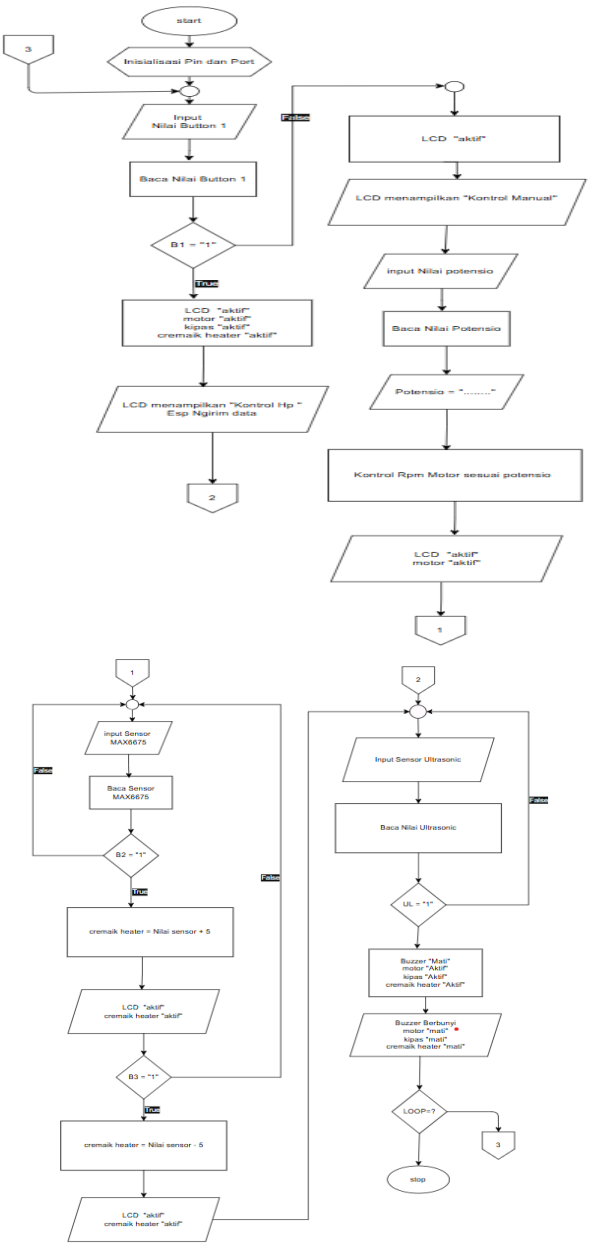
Data Flow Diagram

Diagram ini menggambarkan aliran data dari input hingga output. Data dari sensor (suhu, dan keberadaan) serta perintah dari pengguna masuk ke sistem utama yang dikendalikan ESP32 S3. Data kemudian diproses untuk menghasilkan sinyal kontrol yang mengatur aktuator (motor dc penarik, keramik heater), serta data keluaran yang ditampilkan pada LCD dan dikirim ke server web. Dengan demikian, DFD ini menjelaskan bagaimana sistem mengolah masukan menjadi keluaran yang mendukung proses pembuatan filament.



Gambar 3. Data Flow Diagram

Flowchart



Gambar 4. Flowchart ESP 32 S3

Proses sistem dimulai dengan inisialisasi pin input-output pada ESP32 S3. Setelah itu, sensor utama seperti HC-SR04 (ultrasonik), dan MAX6675 (suhu) serta LCD I2C masuk dalam kondisi siaga.

Selanjutnya, bahan botol plastik dimasukkan ke dalam pemotong. Sensor HC-SR04 mendetekssi keberadaan bahan , dan sensor MAX6675 membaca suhu Di keramik heater. Data hasil pembacaan sensor ini kemudian ditampilkan melalui LCD I2C.

Jika ultrasonik terdeteksi tidak mendeteksi bahan,maka sistem stop dan BUZZER berbunyi hingga bahan terdeteksi untuk memulai pengoperasian sistem.

Ketika tombol menu ditekan, untuk memilih menu control sistem. Jika tombol ditekan sekali menjadi mode manual dan di tekan sekali lagi mone auto, dan pada mode auto hann ya bisa di control melalui web dan mode manual hanya bisa di control manual melalui tombol dan potensio

Setelah semua data sensor diproses, sistem kemudian menghubungkan diri ke jaringan internet. Data hasil monitoring (suhu, jarak, kecepatan motor, suhu, pengatur suhu dan mendeteksi bahan) dikirimkan ke website monitoring. Website kemudian menampilkan kondisi kompos secara real-time kepada pengguna.

Proses ini berlangsung secara berulang selama sistem aktif. Pada akhirnya, flowchart menggambarkan bahwa sistem mampu melakukan pemantauan, pengendalian, sehingga seluruh tahapan dapat dijalankan real-time hingga proses berakhir.

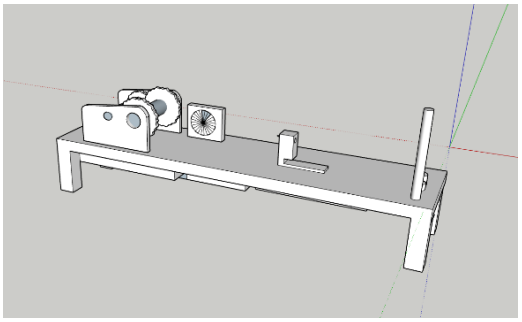
Rancangan Fisik

Tahapan perancangan perangkat lunak dilakukan sebelum proses perakitan perangkat keras dengan tujuan untuk mempermudah tahap implementasi dan memastikan kesesuaian antara rancangan sistem dan prinsip kerja alat. Desain perangkat lunak disusun berdasarkan alur kerja sistem serta karakteristik komponen yang digunakan.

Perangkat lunak yang digunakan untuk membuat rancangan visual sistem adalah SketchUp. Aplikasi ini dimanfaatkan untuk memodelkan tata letak dan struktur rangkaian komponen secara tiga dimensi, sehingga memudahkan visualisasi hubungan antar komponen pada sistem.

Komponen yang dimodelkan dalam perancangan ini meliputi: Sensor suhu MAX6675,, Sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi keberadaan bahan botol plastik, Modul LCD I2C 16x2, Motor penarik (aktuator), ESP32 S3 sebagai mikrokontroler utama.

Dengan adanya perancangan perangkat lunak ini, penempatan dan integrasi antar komponen dapat ditentukan secara lebih sistematis sebelum tahap perakitan dilakukan.



Gambar 6. Desain Alat

Perakitan Perangkat Keras

Setelah desain perangkat lunak selesai dan disetujui, proses dilanjutkan dengan perakitan perangkat keras. Perakitan dilakukan berdasarkan rancangan SketchUp yang telah dibuat, sehingga setiap komponen ditempatkan sesuai posisi yang telah direncanakan.

Pada tahap ini, seluruh komponen elektronik seperti sensor, aktuator, LCD dihubungkan ke papan mikrokontroler ESP32 S3 menggunakan kabel dan konektor yang sesuai. Perakitan dilakukan secara hati-hati untuk memastikan tidak terjadi kesalahan sambungan yang dapat mengganggu fungsi sistem.

Tujuan dari tahap ini adalah untuk menghasilkan sebuah sistem yang terintegrasi dan siap diuji secara fungsional.



Gambar 7. Bentuk Fisik Alat

Penulisan Program (Coding)

Tahap selanjutnya adalah penulisan kode program yang akan dijalankan pada sistem. Proses ini dilakukan menggunakan Arduino IDE sebagai platform pengembangan perangkat lunak.

Kode program ditulis untuk mengatur logika kerja sistem, meliputi: Pembacaan data dari sensor suhu (MAX6675), Mendeteksi adanya bahan botol plastik menggunakan sensor HC-

SR04, Menampilkan informasi suhu, jarak, pwm suhu, pwm motor,dan mode sistem pengolahan pada LCD I2C 16x2, Menyalakan dan mematikan buzzer sesuai status sistem (stop).

Program disusun secara modular agar mudah dipelihara dan diuji. Dengan adanya kode program ini, sistem mampu menerima input dari sensor, memproses informasi, dan menghasilkan output sesuai logika yang digunakan dalam pembuatan filament.

Implementasi Sistem

Tahap implementasi merupakan realisasi dari rancangan sistem yang telah dibuat pada tahap perancangan. Implementasi dilakukan melalui integrasi perangkat keras, perangkat lunak, serta pengujian awal untuk memastikan kesesuaian antara rancangan dan kinerja alat.

Implementasi Perangkat Keras

Perangkat keras dirakit dengan ESP32 S3 sebagai pusat kendali utama. Komponen yang digunakan meliputi sensor MAX6675 (suhu), serta HC-SR04 (pendeteksi bahan). Aktuator yang terhubung mencakup motor pengaduk, kramik heater. Sistem juga dilengkapi LCD I2C 12x2 untuk tampilan data serta web untuk konektivitas IoT. Seluruh komponen dihubungkan sesuai rancangan wiring diagram.

Implementasi Perangkat Lunak

Perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++ dan disusun secara modular agar mudah dipelihara serta dikembangkan. Program ini berfungsi untuk mengatur alur kerja sistem sesuai kebutuhan. Fungsi utama yang diimplementasikan meliputi pembacaan data sensor suhu, keberadaan bahan botol plastik , pengendalian motor penarik melalui potensio. keramik heater melalui tombol Selain itu, menaikkan dan menurunkan pwm suhu dapat diaktifkan melalui tombol 2 dan 3, dan mengaturan mode dapat melalui tombol 1 status sistem manual atau auto, sementara data sensor ditampilkan pada LCD I2C dan dikirimkan ke server sehingga dapat dipantau secara real-time melalui website monitoring.

Integrasi dan Uji coba awal

Setelah perangkat keras dan perangkat lunak diintegrasikan, dilakukan uji coba awal untuk memverifikasi kinerja sistem. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sensor mampu membaca data sesuai parameter, motor penarik beroperasi mengikuti logika pengendalian, suhu membaca suhu. Selain itu, data berhasil ditampilkan melalui LCD dan dikirimkan ke website monitoring sehingga dapat dipantau secara real-time.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem pembuat filament dapat berfungsi sesuai dengan rancangan. Seluruh sensor dan aktuator bekerja dengan baik setelah dilakukan perakitan dan pemrograman. Sensor MAX6675 mampu membaca suhu dengan stabil, dan sensor HC-SR04 memberikan data adanya bahan atau tidak. Data dari sensor ditampilkan pada LCD I2C 16x2 serta dikirim ke website monitoring untuk pemantauan jarak jauh secara real-time. Aktuator yang meliputi motor penarik sesuai logika program, dengan indikator status operasi sistem.

1. Awalnya alat dalam keadaan mati dengan kata lain belum dialiri daya tegangan.



Gambar 8. Sistem tidak aktif

2. Alat akan aktif setelah saklar ditekan, yang mana bertujuan untuk mengalirkan listrik ke seluruh rangkaian.



Gambar 9. Sistem Aktif LCD I2C Menampilkan Karakter Teks

3. Alat pembuat filament sudah siap digunakan dengan mode otomatis sebagai default.

4. Tekan tombol 1 mode untuk menukar mode pada sistem untuk pengaturan sistem seperti pada gambar 10 dan sensor sensor, pwm yang lalu informasinya ditampilkan pada LCD I2C seperti pada gambar 11.



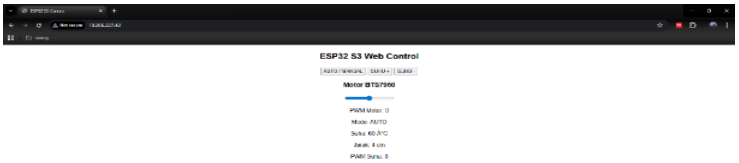
Gambar 10. Menampilkan informasi mode auto



Gambar 11. Menampilkan informasi mode manual

5. Ketika Tombol 2 sudah ditekan maka pwm suhu akan naik dari 0 sampai maksimal 225 untuk menaikkan suhu pada keramik heater dengan sensor yang akan melakukan pembacaan suhu dan pembacaan terhadap mahan apakah masih ada atau tidak nya bahan.

6. Ketika Tombol 3 sudah ditekan maka pwm suhu akan turun maksimal 0 untuk menaikkan suhu pada keramik heater dengan sensor yang akan melakukan pembacaan suhu dan pembacaan terhadap mahan apakah masih ada atau tidak nya bahan.
7. Jika ingin mengaktifkan motor maka putar potensio meter searah jarum jam dengan nilai pwm dari 0 sampai 225 untuk memutar motor dalam sistem.
8. Jika sudah terhubung dengan website akan update data sensor yang didapatkan secara real-time seperti pada gambar 12.



Gambar 12. Tampilan Website Monitoring

9. Untuk menghentikan system dari bahan yang sudah habis dengan ultrasonic menjadi pendetekti keberadaan bahan jika bahan habis maka buzzer berbunyi dan sistem Stop dan LCD menampilkan status terakhit kalinya.
10. Untuk mematikan alat dapat dilakukan dengan menekan kembali saklar untuk mematikan robot jika sudah selesai.

SIMPULAN

Penerapan mikrokontroler Esp32-S3 berhasil meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses pembuatan filament dengan mengotomatisasi pengendalian aktuator, membaca data sensor secara kontinu, serta memproses informasi untuk pengambilan keputusan otomatis sesuai parameter yang ditentukan. Sensor-sensor yang digunakan meliputi max6675 untuk mengukur suhu head block, ultrasonic untuk memantau adanya dan tidak adanya bahan baku pembuatan filamet. Semua sensor bekerja secara terintegrasi dengan mikrokontroler untuk mengatur kinerja sistem. Pengaturan parameter suhu, diatur oleh driver motor , dan disesuaikan dengan bahan yang di gunakan sehingga proses dekomposisi berjalan optimal. Integrasi teknologi IoT memungkinkan pemantauan data secara real-time melalui platform monitoring berbasis web. Hal ini memudahkan pengguna untuk mengawasi proses pengolahan dari jarak jauh.

DAFTAR PUSTAKA

Aulia, A. P., Syaifudin, A., & Novianto, I. (2024). Optimasi Produksi Filamen 3D dari Sampah Plastik: Studi Eksperimental Suhu Heater. Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika, 23(2), 245-256..

Fauzan, M. S., & Pujiani, L. E. (2024). TEKNOLOGI PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK BERBASIS IoT (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Malang).

Firmansyah, H., & Indrasari, W. (2025). Pemantauan Termal Real-Time Berbasis Internet of Things: Memanfaatkan Kamera Termal MLX90640 yang Terjangkau dan Modul Termokopel Industri MAX6675 dengan Metode Karakterisasi Regresi Linier. POSITRON , 15 (1), 94-103..

Rahmadina, S., Simbolon, S., Fitriani, N., Nuralyasari, P., Ramadhani, P., & Budiawati, y. (2025). pemanfaatan internet of things (iot) dalam monitoring produktivitas tanaman secara

real time: tinjauan literatur pada smart harvesting, yield prediction, dan virtual sensor data. Integrative Perspectives of Social and Science Journal, 2(03 Juni), 3418-3441.

Utomo, L. W., & Arfiana, S. (2023). Pemanfaatan limbah plastik daur ulang dari polietilen tereftalat (PET) sebagai bahan tambahan dalam pembuatan nanokomposit, semen mortar, dan aspal. Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah, 11(1), 164-179..

Wirantara, R., Syamsiro, M., & Mulyanti, J. (2025). Pemanfaatan Limbah Plastik PET Sebagai Filamen Printer 3D dengan Metode Pultrusi. Infotekmesin, 16(1), 166-174..

Xu, Y., Zhu, C., & Wang, Y. (2025, November). A Generalized TinyML Workflow for Energy-Efficient Hand Gesture Recognition on ESP32S3. In 2025 6th International Conference on Artificial Intelligence and Computer Engineering (ICAICE) (pp. 562-566). IEEE..

Zulkarnein, F. A., Pristiansyah, P., & Rollastin, B. (2025). Rancang Bangun Mesin Pembuatan Filament 3D Printing Dari Kemasan Mineral. Jurnal Inovasi Teknologi Terapan, 3(2), 472-477.